

学习学初悟

XUEXIXUE CHUWU

肖纪美 著

冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

学习学初悟



ISBN 978-7-5024-4936-0

定价 26.00元

销售分类建议：人文科学

学习学初悟

肖纪美　著

北　京
冶　金　工　业　出　版　社
2009

内 容 简 介

本书重点是提出了“学习学”这一概念，并试图对这一学科内涵做一初悟的阐述。

本书正文部分共分12章，首先解释了本书的创作大意，提出了“学习学”这一门学科；后续章节是作者对于“学习学”具体问题的思考与总结，包括四大发明与自然科学的三大发现、微观材料学问题、能量分析方法、因果关系与命运、过程论、反馈与耗散结构、进化论、问题分析方法等，还包括作者在长期从事学术活动实践中的感悟。

本文附录部分还包括多位教授和院士对作者以往著作的评价与介绍。

本书力求以充实的内容和富有哲理的思考，为从事科学与工程研究、设计人员提供一些学习、工作方法和人生态度的思考。

图书在版编目(CIP)数据

学习学初悟/肖纪美著. —北京：冶金工业出版社，2009.7

ISBN 978-7-5024-4936-0

Ⅰ.学…　Ⅱ.肖…　Ⅲ.学习理论　Ⅳ.G442

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第099624号

出 版 人　曹胜利
地　　址　北京北河沿大街嵩祝院北巷39号，邮编100009
电　　话　(010)64027926　电子信箱　postmaster@cnmip.com.cn
责任编辑　张　卫　王　楠　美术编辑　李　新　版式设计　葛新霞
责任校对　石　静　责任印制　牛晓波
ISBN 978-7-5024-4936-0
北京百善印刷厂印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销
2009年7月第1版，2009年7月第1次印刷
850 mm×1168 mm　1/32；7.75印张；181千字；229页；1-1000册
26.00元
冶金工业出版社发行部　电话：(010)64044283　传真：(010)64027893
冶金书店　地址：北京东四西大街46号(100711)　电话：(010)65289081
(本书如有印装质量问题，本社发行部负责退换)

前　　言

——学海拾贝

牛顿说："我不知道，在世界面前，我是什么面貌。但是，对我自己来说，我只是在海滩上游玩的小孩，不时地、高兴地投身于寻求圆滑点的卵石和较漂亮的贝壳，而在我面前，却是未被发现的、巨大的真理海洋。"

我1920年12月7日出生在湖南省凤凰县汉、苗族混居的得胜营镇（现改名为吉信镇）。20世纪20年代初至1935年，湘西的凤凰等十县，由34师直接统治，长沙的湖南省政府无力直接管理。

我的祖父萧官麟为清朝举人，政法学堂毕业。民国初年，在凤凰各苗乡（例如老洞麻家）任家庭教师谋生。祖父的好友陈渠珍[1]返湘西任34师师长统治湘西时，祖父很受重用，曾任桑植县县长、34师军法长、凤凰县县长、湘西联团（相当于现在的政协）主任（为陈渠珍征求湘西十县意见）、湘西农民银行董事长等职。

我小学时代，父母亲在外地工作，我在祖父身边生活，他一有时间便为我讲授《论语》，告诫我长大后不做官、不经商，专心搞学术，这些话，影响了我一生的治学和职业选择！

我小学时代的凤凰县城仍很闭塞，县城无书店。每隔约4个月，有书贩挑书若干担，在县城旅店展售。祖父每次都带

我去选购，给我增添了不少课外读物。祖父每年为我订购中华书局出版的《小朋友》杂志，与同窗好友吴庆荫定购的商务印书馆出版的《儿童世界》杂志交换阅读，增添不少知识来源。

石爱三先生是湖南省花垣县人，大学毕业后，受聘来凤凰县任师范学校校长。我小学六年级时，祖父请石先生在周末教我英语。我先学一年英文，日后在长沙明德中学学习时便十分主动，有精力在图书馆选读自己喜爱的读物。

祖父的言传身教，不仅影响了我的初学，也引导我终身的学习和学海拾贝。

耄耋之年的我在此追忆这些往事，一层意思是对祖父的怀念，感谢祖父的教育之恩；另一层意思是想说明中华民族重视教育的美德，使中华民族得以繁衍生存。这一美德应代代传承，这对当今中华民族的崛起和未来中国的强盛是有意义的。这是我，一个老科技工作者的真诚心愿。

我随后的学习与学术经历，请参考《肖纪美院士八十寿辰文选》[2]。

[1] 鲁岚编著.《陈渠珍》，长沙：湖南人民出版社，1989.

[2] 北京科技大学.《肖纪美院士八十寿辰文选》，北京：科学出版社，2000.

简明目录

目　录

图目录

表　目　录

第一章 导论释疑

第一节 学习学与教育学

“学习”为广大的人群所关注，关于它的知识集合，可称为“学习学”；正如关于“教育”的知识集合叫做“教育学”一样：

“教育学，研究教育现象、揭示教育规律的科学。”——《辞海》

教育学与学习学的异同示于图1－1。前者是有限师生通过教授的“授”和学生的“学”而完成；后者是广大人群自愿努力获得。教育学与学习学的内涵及获取知识方式的区别如表1－1所示。

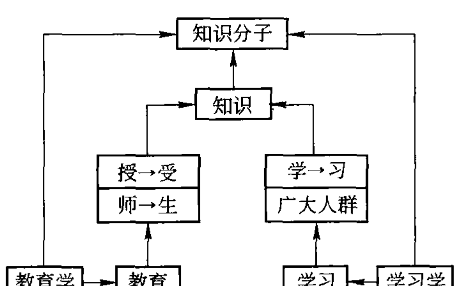


图1－1 教育学与学习学的比较

表1-1 教育学与学习学内涵的比较

序号	项 目	教 育 学	学 习 学
1	范 围	德智体	以智为主,兼顾德
2	主 体	师 生	众多人群
3	计划性	定期毕业	终生项目
4	主动性	师为主,安排计划	学者为主,自由自在
5	系统性	管理人员强烈干扰	摆脱厌恶人员的干扰
6	推动力	获得资格的证书	自我陶醉的自我长进
7	师	学校指派	自我选择
8	互 助	培养学生终身学习兴趣	善于择师
9	重要性	有计划地培养人才	提高终身学习的兴趣
10	学习资料	教科书或讲义	广泛的书刊

第二节 材 料 学

进入“材料学”领域后,我知道这个领域的学者将这个领域的知识并称为“材料科学与工程”(Material Science and Engineering,简称为 MSE)。

1984年春,国家教委和中国科协决定利用通讯卫星开辟教育频道,为具有大专以上文化水平的科技人员举办"继续教育"节目。关于材料科学与工程方面的内容,委托中国金属学会筹办。原冶金工业部及中国金属学会已于1984年5月27日以(86)冶金函字第170号通知北京钢铁学院(现为北京科技大学),确定电视广播教学的题目是"材料的应用与发展",由王润院长总负责,我任总编导。

我总结40余年从事各种材料工作的经验和教训,遵循邓小平关于"教育要面向现代化,面向世界,面向未来"的指示,迎接交叉科学的到来,明确以下两个问题,以确定全书框架:

(1) 教学和读者对象——以材料的应用和管理人员为主,兼顾材料的生产、科研及教学人员。

(2) 目的和体系——提出"材料学"(materialogy)的新体系,尝试使读者:

1) 从总体上理解材料学。除传统的、狭义的"材料科学与工程"——"微观材料学"外,吸收经济学、系统学、科学学、未来学等的知识,建立"宏观材料学";

2) 获得必要的、现代的基础知识;

3) 熟悉处理材料问题的各种方法,开拓思路,提高分析和解决问题的能力。

我曾担任编委的国际期刊 *Acta Metallurgica* 在出版了37年后也于1990年扩大为 *Acta Metallurgica et Materialia*,因此,"材料学"一词,已在国际使用。

1943年,我毕业于唐山交通大学矿冶系,1950年获美国密苏里大学冶金学博士,在美国企业单位研究所工作7年后,1957年归国,任北京钢铁学院(后改为北京科技大学)金属物理教授

至今,因1980年当选为中国科学院学部委员(后改称为院士),故未退休。

由于受个人学术经历的影响,本书基于材料学做较多的阐述,以尝试建立“学习学”的框架。

第三节 材料学的划分

我进一步仿效经济学,将材料学也划分为“微观”和“宏观”两个分支。

一、微观材料学

微观材料学要处理如图1-2所示的环境、结构、过程、性能、能量五个问题以及它们之间的关系。

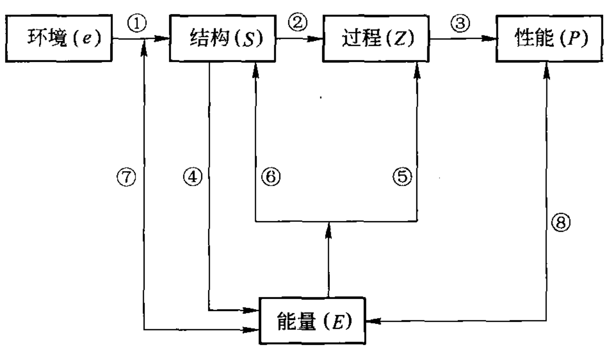


图1-2 材料微观问题的结构[3]p9

*e*作用于*S*①,通过*Z*②,而导致*P*③;*E*控制*S*的稳定性⑥和*Z*的进行⑤;从*S*可以计算*E*④;*e*和*S*可交换*E*⑦;某些*P*

（例如材料的性能——韧性，以及人才的才能，系统的功能）也是一种 E⑧。从图 1－2 可看出“能量”在分析材料微观问题时的重要性。

在市场经济体制下，如图 1－3 所示，要“面向市场，抓两头（应用，设备），带中间（性能，结构，工艺）”，同时应依据国家财力，在“有所不为，有所为”方针的指引下，适当地支持基础研究和应用基础研究，发现奇异的结构，例如金属玻璃、纳米晶体等，这些结构是美丽的花朵。下一步应“两头推进”，如图 1－3 所示：向左探寻有无在“市场”“应用”的“性能”；如有，则向右推进，探索获得这种“结构”的稳定而价廉的“工艺”和“设备”，促使美丽的花朵“结”成有用和有经济效益的实“果”。这便是：“中央（结构）开花，两头（性能，工艺）推进，促使结果。”

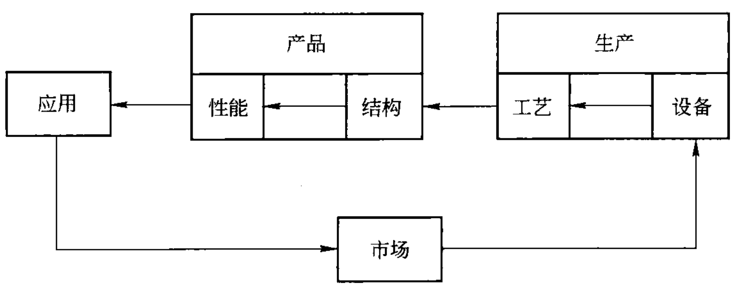


图 1－3 材料宏观问题的结构[3]p9

二、宏观材料学

图 1－4 示出《宏观材料学导论》的结构。

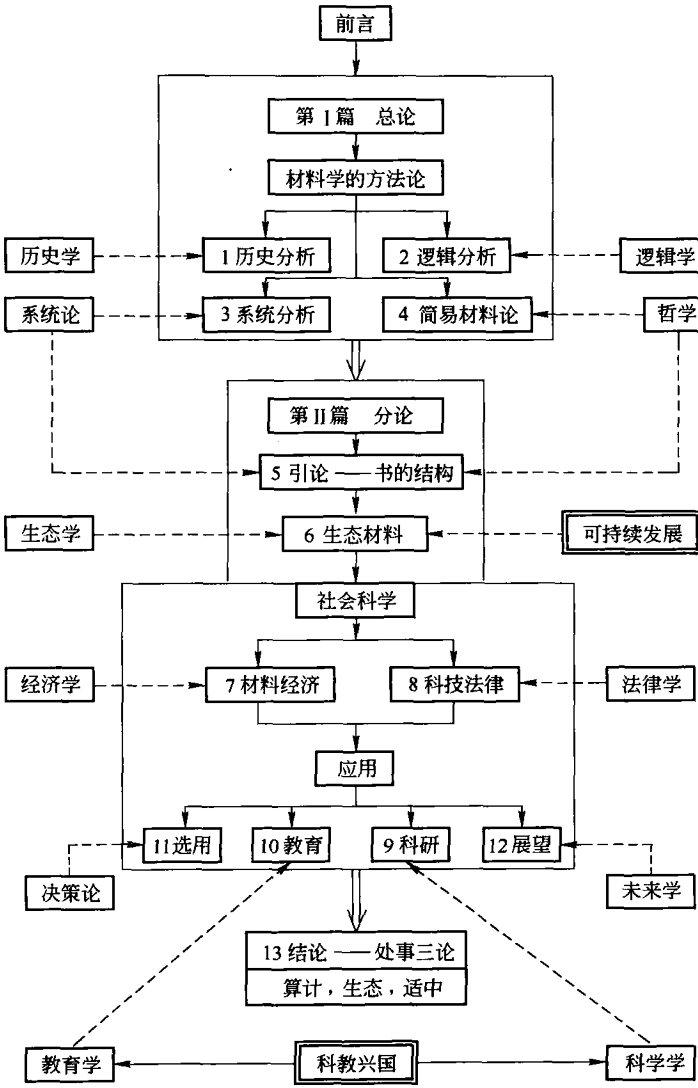


图1－4 《宏观材料学导论》的结构[3]p15

第四节 材料学的基本方程

任何学科都有它的基本方程。可以总结,材料学有两个基本方程:设 P、S 及 e 依次是材料的性能、结构及环境,则第一方程是:

$$P=f(S,e) \tag{1-1}$$

在给定的环境中,即 e 不变,则式(1-1)为:

$$P'=f_e(S) \tag{1-2}$$

即 P'唯一地取决于 S,可称为"性质"。英文对于"性能"与"性质"不加区别,都称为"property"。设 E 为系统中组元(element)的集合,R 为组元之间关系(relationship)的集合,则第二方程是:

$$S=\{E,R\} \tag{1-3}$$

推而广之,式(1-1)及式(1-3)也可用于分析人才的才能和系统的功能(P),S 便分别是人才的知识结构和系统的结构。本来,古汉字"材"与"才"不分;看来,物理、人理、事理、哲理之间可互通融见图1-5。

第五节 方法论

哲学中,最有实用价值的部分是"方法论",从下面四个定义,可看出它的重要性。

《现代汉语词典》中的定义:

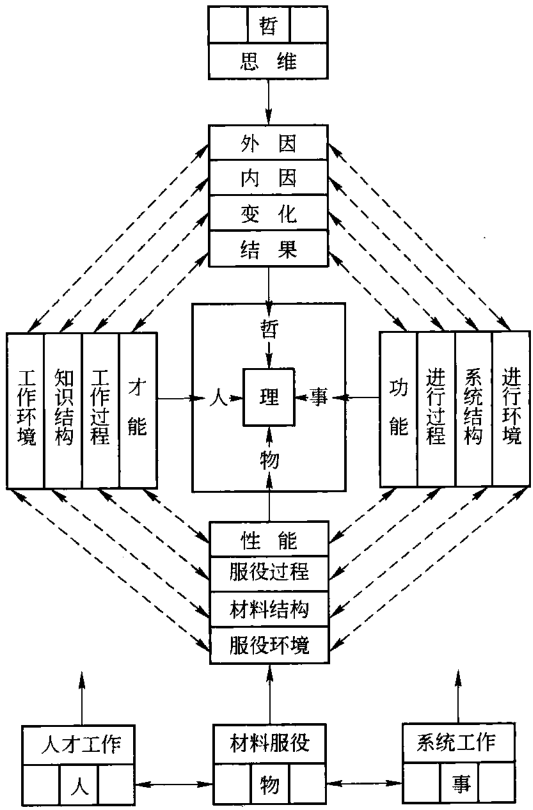


图1－5　物、人、事、哲理互通融图[3]p10

“方法论”——“关于认识、改造世界的根本方法的学说。”

“在某一门具体科学上所采用的研究方式、方法的综合。”

《The American Heritage Dictionary of the English Language》中的定义：

“The system of principles, practices, and procedures applied to any specific branch of knowledge.”

"The branch of logic dealing with the general principles of the formation of knowledge."

上面四个定义大同小异,我倾向于最后一个,译为:

"方法论是逻辑学的一部分,它处理知识形成的一般原理。"

在组建"材料学方法论"时,我采用了第三个定义:

"材料学的方法论便是原理、实用和程序构成的系统,实用于知识的任何分支。"

"材料学方法论"的提出以及逐渐补充完善是有一段历程的,第一个"材料学的方法论"体系如图 1 -6 所示。

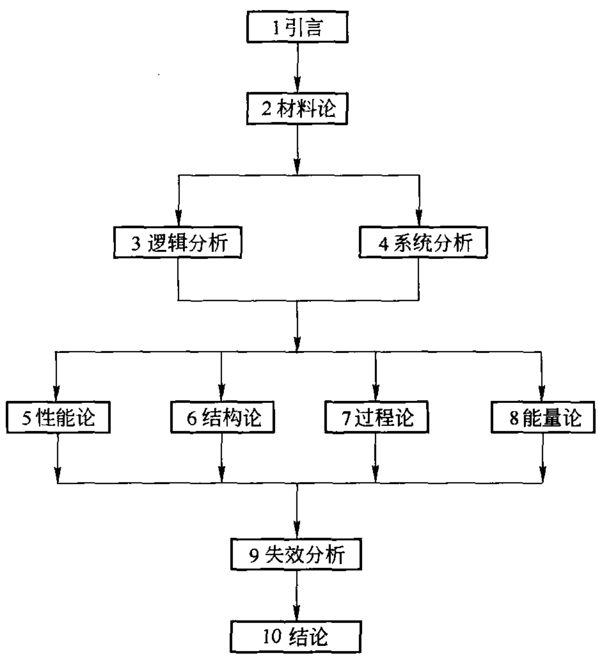


图 1 -6　"材料学的方法论"的第一个体系[4]p3

回忆1957年冬，我初当教授时，毫无教学经验，好在当时那20多年突出“政治挂帅”，政治运动频繁，只要政治上不犯错误，就十分安稳了，对一些看似简单的问题，没有进行深入思索。20世纪80年代，在教学中，我开始大量地直接与学生对话，有一次一个大学生直接问我：“肖老师，什么叫材料？”老实说，我当时不能简洁地回答这个问题，故答应一两周后再做回答。

回家后，我带着问题学习逻辑学、系统论，结合专业，提出材料的定义和判据，建立了“材料学的方法论”的初步体系[4,5]，如图1-6所示。

在20世纪90年代末写作《材料学方法论的应用》[5]一书时，丰富了“材料学的方法论”体系，如图1-7所示，如在分论中增加了“环境”，并增加了“绪论”、“综论”，充实了内容。图1-8广义地示出各种分析方法，可供参考。

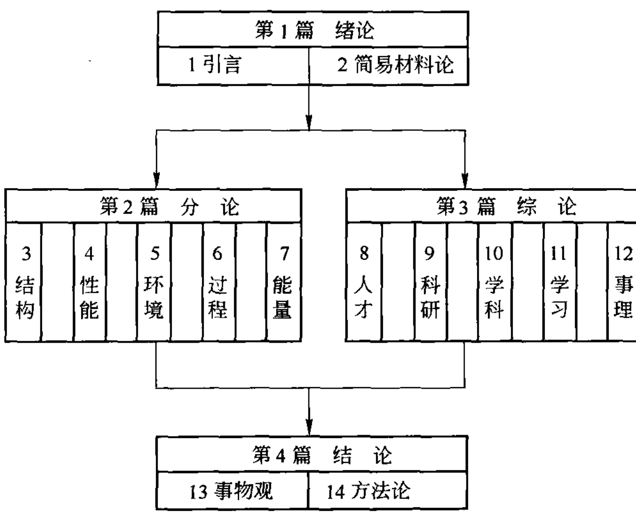


图1-7 《材料学的方法论》中的各种方法[5]p12

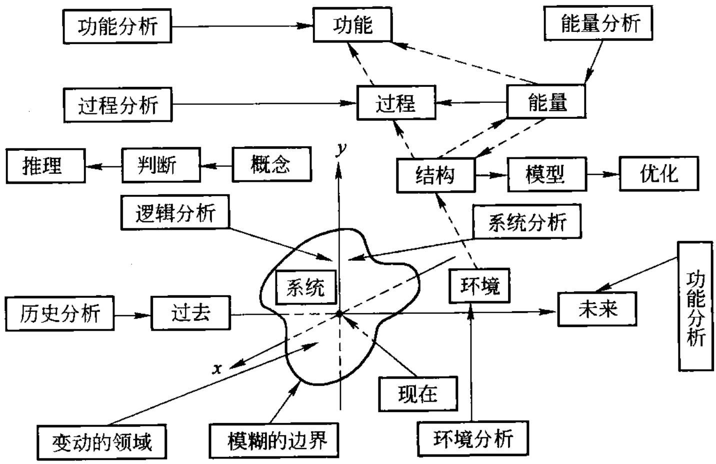


图 1-8 分析方法[5]p279

第六节 “学”与“习”的初悟

汉语惯用“双字”词,例如:“学习”、“女人”、“男子”、“儿童”等。查《辞源》[6]、《辞海》[7]、《现代汉语词典》[8]及《说文解字》[9],得到“学”与“习”的释义:

“学”

(1) 仿效,学习;

(2) 学习;

(3) 学习,模仿,学问,学科;

(4) 觉悟也。

"习"

(1) 数飞也,练习,学,熟悉,习惯;

(2) 学习,复习,熟习,习惯于;

(3) 学习,复习,练习,自习;

(4) 数飞也。

归纳上述典籍对学习的解释,著者对"学习"采用如下的理解:

学习 = 学 + 习 = 觉悟 + 熟习 = 知 + 行

即"学习"是关于知和行的学说。

第七节 本书结构

本书接受《论语》第一条"学而时习之"的正确理解,即"学"与"习"是两个独立的动词,放弃汉词双字的模糊命名,初悟"学"与"习",尝试建立包括"学"与"习"的有关知识的学科——"学习学"。

借助于著者建立的"材料学的方法论"[4,10],简介了有关概念(本章第一节至第五节);初悟了"学"与"习"的区别(本章第六节)。

在第二章"发明与发现"中的第一节,简单回顾我国古代的四大发明,希望能增长炎黄子孙的志气;第二节列出恩格斯提出

的 19 世纪自然科学的三大发现,我国学者没有作出贡献,值得深思!

恩格斯认为的 19 世纪自然科学的三大发现中的能量守恒和转换定律,在自然科学和材料学中有着极为广泛的应用,也是著者较为熟悉的领域,因此,在第三章,先简论“四个材料微观问题”;然后在第四章,介绍“八个能量分析方法”。

第五章简介古今中外哲人总结的“因果和命运”学说;第六章为“过程论”,分析过程的方向、路线和结果。第七章介绍在广大学术领域——自然科学、社会科学和人文学科都可应用的“反馈与耗散结构”;第八章介绍 15 点“进化论的启示”。

第九章简介两种基础方法——逻辑分析和系统分析;第十章揭示对两句《论语》的误解:“学而时习之”和“学而优则仕”,以及这些误解的危害性。

第十一章是“实践悟知”,依据行—知—行—知的思路,理解著者从 1962 年到 2008 年已出版的 27 本学术著作和发表的 84 篇的宏观问题论文的思路。

第十二章为结论,从回答为什么(why)、有什么(what)和如何(how)构建这个新学科——“学习学”,结束本书。

本书 12 章之间的关系如图 1-9 所示:核心是第五章的“因果和命运”及第六章的“过程论”:“命”与“运”分别是研究对象的“内因”与“外因”;过程论则研讨内因是如何由于外因而起作用的。

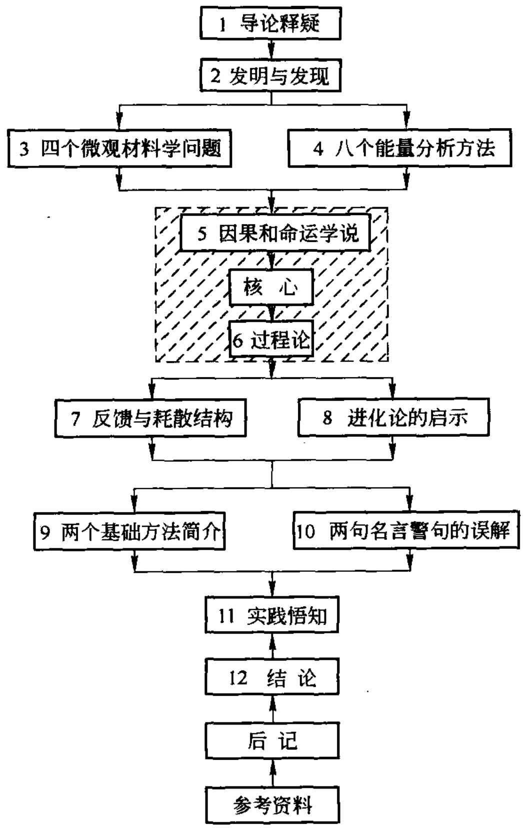

1 导论释疑
2 发明与发现
3 四个微观材料学问题
4 八个能量分析方法
5 因果和命运学说
核 心
6 过程论
7 反馈与耗散结构
8 进化论的启示
9 两个基础方法简介
10 两句名言警句的误解
11 实践悟知
12 结 论
后 记
参考资料

图1-9 "学习学"体系

第二章 发明与发现

第一节 中国古代的四大发明

造纸、印刷术、指南针和火药，都是中国人发明的，然后相继传遍世界各地，这是中国古代的四大发明，值得中国人骄傲，也是值得现代中国人深思的问题。

埃及、巴比伦、印度和中国，是世界四大文明古国，1840 年中英鸦片战争以来，中国仅积弱而幸未亡国。

明朝初年中国大规模的远洋航行，曾是世界远程航海史上的创举。1405 年，明成祖命郑和率水手、官、兵 28700 余人，乘“宝船”62 艘，远航西洋（当时称今加里曼丹至非洲之间海洋为西洋）。他们从苏州刘家港（今江苏太仓东浏河镇）出发，到占城（今越南南部）、爪哇、苏门答腊、锡兰（今斯里兰卡）等地，经印度西岸折回，至 1407 年返国。之后又于 1407 ~ 1409 年，1409 ~ 1411 年，1413 ~ 1415 年，1417 ~ 1419 年，1421 ~ 1422 年，1431 ~ 1433 年出海，前后 28 年，7 次（一说 8 次）远航，经 30 余国，最远曾达非洲东岸、红海和伊斯兰教圣地麦加。所乘的船，最大的长 44 丈 4 尺，阔 18 丈，可容千人。这些航行比西方哥伦布、达·伽马等人的航行早半个世纪以上，舰队规模与船只之大，都超过他们几倍。这是值得深思的命题。（参考《辞海》）

第二节 19世纪自然科学的三大发现

恩格斯认为19世纪自然科学的三大发现是:

(1) 能量守恒和转换定律;

(2) 细胞学说;

(3) 进化论。

本节先简述能量守恒和转换定律以及细胞学说,然后在第四章及第八章分别陈述“能量分析方法”及“进化论的启示”。

一、能量守恒和转换定律[7]p480

“在任何与周围隔绝的物质系统(隔绝系统)中,不论发生什么变化或过程,能量的形态显然可以发生转换,但能量的总和恒保持不变。非孤立系统由于与外界可以通过做功或传递热量等方式发生能量变换,它的能量会有改变,但它增加(或减少)的能量值一定等于外界减少(或增加)的能量值。所以从整体看来,能量的和仍然是不变的。”

应该指出,物质与能量,是自然科学的两个基础命题。在一般情况下,它们分别是守恒的;在核能利用的情况下,物质可以转换为能量(E):

$$\Delta E = c^2 \cdot \Delta M \qquad (2-1)$$

式中,c为光速,ΔM是质量的变化。那么,质量与能量的和是守恒的。

二、细胞学说[7]p1161

德国植物学家施莱登和动物学家施望于1839年创立了细

胞学说。他们认为一切动植物都是由细胞发育而来,并且是由细胞和细胞产物所构成的。每个细胞既有它作为独立单位而具有的生命,又有由于它是整个机体的组成部分而赋予的生命。

这个学说提出后,又涌现出细胞化学、细菌冶金、细菌采矿、海水细菌腐蚀、细胞生物学、细胞生理学、细胞遗传学等分支;细胞学说使生物学的研究在结构分析上有了更明确的层次,扩大了领域,推动了自然科学和技术科学的快速发展,已经是21世纪初期的热门学科。

三、进化论[7]p1042,p1037

进化论最初为法国博物学家拉马克提出。英国博物学家达尔文(Charles Robert Darwin,1809~1882)曾以博物学家的身份乘海军勘探船贝格尔(Beagle)作历时五年(1831~1836)的环球旅行。他在动植物和地质等方面进行了大量的观察和采集,经过综合探讨,形成了生物进化的概念,于1859年出版轰动当时学术界的《物种起源》,奠定了进化论的科学基础。

现代生物科学的发展,对生命的起源、物种分化和形成等进化理论有了进一步的发展。认为生物最初从非生物发展而来,现代生存的各种生物,有共同的祖先,在进化过程中,通过变异、遗传和自然选择,生物从低级到高级、从简单到复杂,种类由少到多。

20世纪80年代初,我在北京钢铁学院金属物理专业开辟"合金能量学"[11](后改为"材料能量学"[12])课程,这门课的核心词是"能量",所以出版教材的副标题是:"能量的关系、计算和应用"。

能量的转变关系应该遵循19世纪自然科学的三大发现之一:能量守恒和转变定律,这正是遵循热力学的第一定律;自然

过程的方向应该遵循热力学的第二定律。我备课时,很欣赏爱因斯坦对热力学的高度评价[10]:

“理论的推理前提愈简单,它所联系的不同事物愈多,它的应用范围愈广泛。则这个理论给人的印象愈深刻。因此,经典热力学给了人们深刻的印象。它是具有普遍内容的唯一的物理理论,对于它,我深信,在它的基本概念适用的范围内,它绝不会被推翻。”

由于本书所建立的“能量分析方法”来源于对材料微观问题的分析,因此,围绕“能量分析方法”安排了如下两章:

第三章　四个微观材料学问题;

第四章　八个能量分析方法。

第三章　四个微观材料学问题

图 1 – 2 曾简示"材料微观问题的结构",图 3 – 1 进一步表明"材料的性能、结构、环境、过程、能量之间的关系":

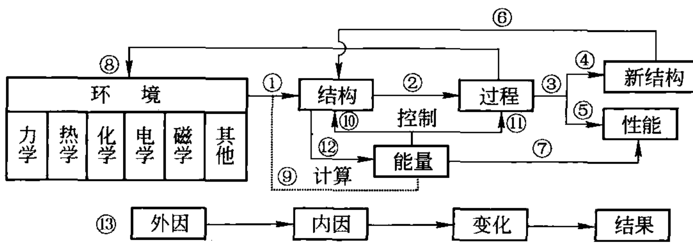


图 3 – 1　材料的性能、结构、环境、过程、能量之间的关系

(1) 各种环境(力学的、热学的、化学的等)作用于结构①,发生过程②,导致结果③,或产生新结构④,或表现为性能⑤;新结构又返回到原结构⑥;某些性能如韧性、铁损等又是能量参量⑦;过程的结果也会影响环境⑧;环境与结构之间又可交换能量⑨。

(2) 能量控制结构的稳定性⑩和过程的进行⑪,运用各类基础科学,可从结构计算能量⑫。

(3) 从哲学角度来看⑬:过程是变化;环境是变化的外因,是变化的条件;结构是变化的内因,是变化的根据;外因通过内因而起作用;新结构或性能都是变化的结果。

(4) ⑥及⑧的反馈以及⑨的交换,指出过程的复杂性。

在下面的四节中,将分别简论性能、结构、环境和过程。

第一节　性能——一个符号

“材料的性能是一种参量，用于表征材料在给定外界条件下的行为。”

这个定义陈述了材料性能的内涵，参考图 3－2，可用参量 P_{ij} 表达，还可用 P_{ij} 来划分性能。当 i 及 j 为 1,2,3,4,5,6 及 7 时，分别对应于力学、声学、热学、光学、电学、磁学及化学信息；i 为输入，j 为输出，即反射、吸收、传导、转换。

当 $i=j$，则有反射、吸收、传导共 $3\times7=21$ 种性能。

当 $i\neq j$，则有 $7\times6=42$ 类转换性能，如 P_{35} 为热电性，P_{45} 为光电性等。

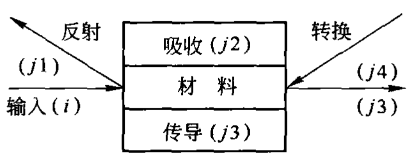


图 3－2　信息的输入和输出

若用 I 及 J 分别表示输入量及输出量，S 为材料的结构，e 及 t 分别为环境及时间，则性能分析方法可用下列方程表示 $(P=P_{ij}, i=j)$：

黑箱法：

$$J=P\cdot I \tag{3-1}$$

相关法：

$$P=f_e(S) \tag{3-2}$$

过程法：

$$P = F(e,s) \tag{3-3}$$

环境法：

$$P = \Phi(e,t) \tag{3-4}$$

人的才能和事物的功能可类比于材料的性能进行分析。

第二节　结构——一个方程

“系统的结构是它的组元及组元间关系的总和。”

若组元的集合、关系的集合及系统的结构分别用 E(element)、R(relationship)及 S(structure)表示，则：

$$S = \{E,R\} \tag{3-5}$$

材料结构的定义：

“材料的结构是它的组元及其排列和运动方式。”

“组元”依层次不同而分别有基本粒子、质子、中子、电子、原子、几何学组元（空位、位错、晶界、相界、表面等）、分子、相、裂纹、缺口等；“关系”则包括排列方式及运动方式，后者包括原子振动所导致的声子，电子平移运动引起的布里渊区、费米球、禁区等以及电子自旋导致的磁子等。

结构的测定实质上是采用式(3-1)的黑箱法。例如，输入的X射线波长为 λ，输出的衍射角为 θ，则依据布拉格方程：

$$n\lambda = 2d\sin\theta \tag{3-6}$$

可以计算未知的结构参量 d。

结构是一个用途很广的概念，除物以外，还用于人、财、事：

(1) 人——人体结构、细胞结构、阶级结构等。

(2) 财——金融结构、投资结构、成本结构等。

(3) 事——社会结构、政府组织、学校组织、教育结构、科研

结构、知识结构、诗词结构等。

第三节 环境——五个对待

时势造英雄？英雄造时势？争论难休。时势便是环境，可以采取五方面措施，正确地对待环境。

一、适应

经济是基础，当经济体制改变了，为了适应这个大环境，上层建筑必须随着改变；生物进化以及大自然选择生物品种，遵循着“生存竞争，适者生存”的生物学原理；人入境随俗，也是为了适应环境等等。

二、改变

水溶液中加入缓蚀剂及排除氧气、金属表面覆盖防蚀涂层，都是为了降低腐蚀而改变化学环境；为了加速和增加化学反应而加入的催化剂，也是改变化学环境；材料表面引入残余压应力，从而改变力学环境；电磁波屏蔽、热阻挡层及声吸收层分别是改变电磁、热学及声学环境；孟母三迁其居，为的是改变学习环境，使孟轲能勤学；人才分流的目的之一，便是改变人才的使用环境，使人能尽其才等等。

三、利用

化学环境可以腐蚀金属材料，在另一方面，我们又可以利用腐蚀，例如，金相试样的浸蚀、电解抛光、电化学加工、利用奥氏体不锈钢的晶间腐蚀制备粉末、电化学保护的牺牲阳极等，都是

在利用化学环境;氢脆、氢致开裂使人们认识到氢这个环境的有害作用,但材料工业中,将氢作为合金元素或有用元素来应用的事例也是不少的;利用耗散结构理论来增进材料的性能,也是利用材料与环境的交互作用;社会生活中利用环境的事例也是不少的,国与国之间的间谍、不法商人等,都在利用金钱的腐蚀作用,改变工作环境而获暴利。

四、学习

观察环境,向环境学习,可以受到启示。例如,向环境中的生物功能学习,出现了仿生学及仿生材料;人们旅游埃及,看到木乃伊及金字塔,应分别在防腐技术及工程建筑方面有所借鉴。1980 年春,作者自重庆沿长江东下,从长江轮的航行,佐证了自然过程三原理(见本章第四节)。

五、保护

有时,人类对自然环境的破坏,导致大地千疮百孔,蓝天昏暗,必将遭到无情的报复。为了人类群体和子孙后代,我们必须重视环境的保护。材料的三个判据中,资源、能源和环保便是涉及环境的战略性判据。从积极方面考虑,"三废"的妥善处理,化害为利,已形成为巨大的产业。

以诗一首,总结本节五观点。

正确对待环境

英雄时势谁主造? 千年纷争从未停。
诸法因缘起,系统临环境;
适应求生存,改变更长命;
学习获启示,利用争优胜!

掠夺无厌显兽性，环境人类互依存。
天地厚人类，回报何无情？
千孔又百疮，蓝天已昏沉；
人类有后代，环保减报应！

第四节　过程——三条原理

“自然过程总是朝着能量降低的方向、遵循阻力最小的路线进行的，其结果是适者生存。”

应用演绎法、归纳法及类比法可以分别证明这三条过程原理。

一、方向——能量下降

从热力学第二定律可以导出不同限制条件下的不同能量判据（U 为内能，H 为焓，F 为自由能，G 为自由焓）。

恒容绝热：

$$(\mathrm{d}U)_{S,V}<0 \tag{3-7}$$

恒压绝热：

$$(\mathrm{d}H)_{S,p}<0 \tag{3-8}$$

恒容恒温：

$$(\mathrm{d}F)_{T,V}<0 \tag{3-9}$$

恒压恒温：

$$(\mathrm{d}G)_{T,p}<0 \tag{3-10}$$

而：

$$H\equiv U+pV,F\equiv U-TS,G\equiv H-TS \tag{3-11}$$

二、路线——阻力最小

从物理及化学中的大量实例,如水流、电流、热流、光程最短时间原理,力学中最小作用原理,塑性变形的最小阻力原理,化学反应及相变选择最小激活能途径,我们可以归纳出过程的第二原理:自然过程有着尽量快地降低能量的倾向,简述为自然过程的路线是阻力最小。

三、结果——类比生物进化的规律

生存竞争,适者生存,即相互竞争的各种自然过程的结果是适者生存。"适"是指适应所存在的环境,对于无生物的材料来说,只是第二原理的补充。

1980 年,作者乘长江轮自重庆东下,在欣赏沿途文物风光中成长诗一首,最后三句分别佐证上述的自然过程三原理:

自然过程三原理——长江轮东行

我欲降势能,东行方向明;
今有航标在,前进路线清;
回顾艰坎路,方悟适者存。

第四章　八个能量分析方法

宇宙的最明显的属性就是它的不稳定性。它所表现的面貌与其说是永恒的实体，不如说是变化的过程，在这过程中，除了能量的流动和渗透于宇宙的合理秩序之外，没有什么是持续不变的。

——赫胥黎，《进化论与伦理学》[13]

本章扼要地用能量观点分析八个问题：

1 个结构——平衡结构；

6 个过程——过程方向、过程失稳、过程进度、过程速度、过程选择、过程类型；

1 个性能——性能参量。

第一节　平衡结构

在关闭体系中，在恒温恒压、恒温恒容、恒压绝热以及恒容绝热的条件下，我们分别采用 G、F、H 及 U 作为平衡的判据[见式(4-5)~式(4-8)]。令这些能量为 Y，所要研究的结构(包含成分)参量为 X，则求解平衡(稳定，亚稳定或局部稳定)的结构问题的步骤如下：

首先，列出 Y 与 X、T、p 之间关系的方程式：

$$Y=f(X,T,p) \tag{4-1}$$

其次，利用平衡条件，即 Y 为最小的条件：

$$dY/dX = f'(X,T,p) = 0 \tag{4-2}$$

求出平衡时结构参量 X_e 与 T 及 p 的关系。

第三，还需要验证：式(4-2)是否表明 Y 为最小，即：

$$d^2Y/dX^2 = f''(X_e,T,p) > 0 \tag{4-3}$$

对于凝聚态，一般不考虑 p 的影响，pV 项的贡献一般比较小而可以忽略不计，因而 $F = G$；并且即使是恒温恒压下，也可采用自由能 F 作为判据。

我们曾处理了不少这类问题，表 4-1 列出了这些问题，可供查阅。

表 4-1　合金的平衡结构问题

序号	问　题	X	Y
1	置换固溶体的溶解度①	溶质浓度 x	F
2	空位浓度②	空位数 N	F
3	有序固溶体的有序度	有序度 ω	F
4	铁磁/顺磁结构	有序度 ω	F
5	晶体中原子间距	原子间距 r	U
6	合金的应变能	原子间距 r	U
7	晶界区浓度	C_g	F
8	磁畴壁厚	N_a	U

① 只适用于对称的特殊情况，在一般情况下，需用相平衡条件来处理。

② 组态熵与置换固溶体一样，内能变化为空位形成能。

相平衡时，则采用每一组元(例如 $i,j,\cdots$)在各相($\alpha,\beta,\cdots$)中化学位相等的条件：

$$\mu_i^\alpha = \mu_i^\beta = \cdots$$

而化学位又与 U、H、F 及 G 有关：

$$\mu_i=\left(\frac{\partial U}{\partial N_i}\right)_{S,V,\Sigma n_j}=\left(\frac{\partial H}{\partial n_i}\right)_{S,p,\Sigma n_j}$$

$$=\left(\frac{\partial F}{\partial n_i}\right)_{T,V,\Sigma n_j}=\left(\frac{\partial G}{\partial n_i}\right)_{T,p,\Sigma n_j} \qquad (4-4)$$

第二节 过程方向

自然过程总是朝着能量降低的方向进行的，不同的外界条件，选用不同的能量作判据。

恒容绝热： $(dU)_{S,V}<0$ (4-5)

恒压绝热： $(dH)_{S,p}<0$ (4-6)

恒容恒温： $(dF)_{T,V}<0$ (4-7)

恒压恒温： $(dG)_{T,p}<0$ (4-8)

这些能量，U(内能)、H(焓)、F(自由能)和 H(自由焓)之间关系如下：

$$H\equiv U+pV \qquad (4-9)$$

$$F\equiv U-TS \qquad (4-10)$$

$$G\equiv H-TS \qquad (4-11)$$

第三节 过程失稳

恒温恒压条件下，过程进行的必要条件是 $\Delta G<0$。如图 4-1 所示的液固结晶过程，只有当晶核达到临界尺寸 r^*，再进一步长大，才会使 $\Delta G<0$，对应于 r^* 的 G 值，一般记为 ΔG^*，

叫作形核功。过饱和过固溶体中析出第二相时，也有类似的形核功。对应于 r^* 有 G 的最大值 G^*，必须满足：

$$dG/dr = 0 \tag{4-12}$$

$$d^2G/dr^2 < 0 \tag{4-13}$$

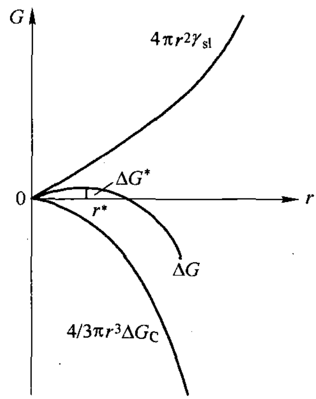


图 4－1　液固结晶的能量变化

恒容绝热条件下，过程进行的必要条件是 $\Delta U<0$。

对于单位厚度的薄板，具有长度为 $2a$ 的中心穿透裂纹，当拉伸应力为 σ 时，贮存的弹性应变能 U_e 的释放是推动裂纹伸展的能量：

$$U_e = -\frac{\pi\sigma^2 a^2}{E} \tag{4-14}$$

式中，E 为弹性模量。而表面能 U_s 为：

$$U_s = 4a\gamma \tag{4-15}$$

式中，γ 为比表面能。

U_e 及 U_s 分别示于图 4－2；它们之和的曲线，有一个极大值，必须满足：

$$dU/da = 0 \tag{4-16}$$

$$d^2U/da^2 < 0 \tag{4-17}$$

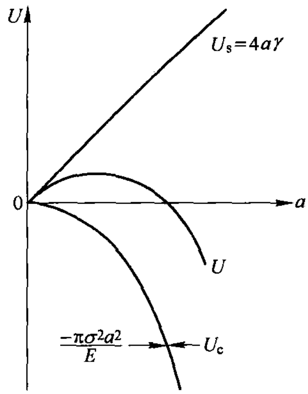


图 4-2　裂纹伸展的能量变化

合并式(4-14)及式(4-15),并采用式(4-16)的判据:

$$\frac{dU}{da} = \frac{2\pi\sigma^2 a}{E} + 4\gamma = 0$$

故:

$$a_\sigma = \frac{2E\gamma}{\pi\sigma^2} \tag{4-18}$$

对应于临界条件,a 记为 a_c,σ 记为 σ_f;满足上式,裂纹便会失稳伸展。而:

$$\frac{d^2U}{da^2} = -\frac{2\pi\sigma^2}{E} < 0$$

满足了式(4-17)的条件,顺便指出,式(4-18)可转变为:

$$\sigma_f\sqrt{\pi a_c} = \sqrt{2E\gamma} = 常数 \tag{4-19}$$

格里菲思(Griffith)于 1921 年导出的上式,与近代的断裂力学的结果是一致的:

$$\sigma_f\sqrt{\pi a_c} = K_c = \text{材料常数} \quad (4-20)$$

这类问题的共性，是用结构参量 X 表示能量参量，即 $Y=f(X)$，然后用极值条件：

$$dY/dX = f'(X) = 0$$

求临界的 X 值。利用下式可验证 Y 是否是最大值：

$$d^2Y/d^2X = f''(X) < 0$$

第四节 过 程 进 度

能量分析不仅可判断过程能否进行，还可计算过程进行的程度。例如，应用平衡常数 K 及化学反应中反应物及生成物的计算系数，从产物的浓度可以计算反应物的浓度。而 K 又与化学反应的标准自由焓变化 $\Delta G^{\ominus}$ 有关：

$$\Delta G^{\ominus} = -RT\ln K$$

我们也可用能量分析方法计算不同温度下马氏体的量或残余奥氏体的量。奥氏体在 M_s 温度开始转变为马氏体，淬火介质的温度 T_q 越低，则形成马氏体的推动力越大，即 $\Delta G^{\gamma\to M}$ 越负，所形成的马氏体的体积分数(f)越大，残余奥氏体的体积分数$(1-f)$越小。设奥氏体的单位体积内形成新马氏体片的数目 dN 正比于推动力的增加，即：

$$dN = -\Phi d(\Delta G^{\gamma\to M})$$

式中，Φ 为比例系数。令 $\bar{V}$ 为新形成马氏体片的平均体积，dN_γ 为当时奥氏体(体积分数为 $1-f$)内所增加的马氏体片数，则马氏体的体积分数变化为：

$$df = \bar{V}dN_\gamma = \bar{V}[(1-f)dN]$$

合并上列两式：

$$df = -\overline{V}(1-f)\Phi\left(\frac{d\Delta G^{\gamma\to M}}{dT}\right)dT$$

对上式积分，并设$(d\Delta G^{\gamma\to M}/dT) = -\Delta S^{\gamma\to M}$不随温度而变，则：

$$\ln(1-f) = \overline{V}\Phi\left(\frac{d\Delta G^{\gamma\to M}}{dT}\right)(M_s - T_q)$$

或：

$$1-f = \exp\left[\overline{V}\Phi\left(\frac{d\Delta G^{\gamma\to M}}{dT}\right)(M_s - T_q)\right] \qquad (4-21)$$

其形式与图 4-3 的实验结果一致：

$$1-f = \exp[-0.011(M_s - T_q)] \qquad (4-22)$$

应该指出，这个经验公式适用于碳含量为 0.37% ~1.10% 钢。对于合金钢，由于式(4-21)中$[\overline{V}\Phi(d\Delta G^{\gamma\to M}/dT)]$的改变，则指数项的系数不一定是 -0.011。这个系数在 -0.013 ~ -0.008 范围变化，随合金钢成分而异。

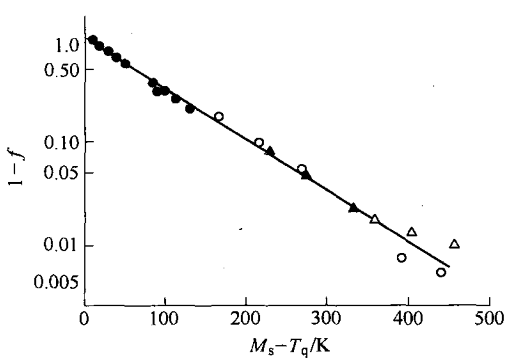


图 4-3　残余奥氏体的体积分数(1-f)随淬火介质温度 T_q 的变化

第五节　过程速度

扩散系数 D 与绝对温度 T 之间有着如下的指数关系：

$$D = D_0 \exp(-Q/RT) \tag{4-23}$$

一切扩散控制的合金过程（如化学反应、脱溶沉淀、蠕变断裂等）的速度 v，也有类似的关系：

$$v = v_0 \exp(-Q_A/RT) \tag{4-24}$$

式中，Q 为扩散激活能，Q_A 为过程激活能。

人们依据由实验测定或理论计算得到的 V_0 或 D_0 及 Q_A 或 Q 值，可计算过程的速度 v 或 D。由于指数项起着主要的作用，人们经常依据实验测定的 Q_A 来推论过程的机制。例如对于扩散，依据 Q 的大小，可以判断扩散是间隙型还是空位型，是体扩散、晶界扩散还是表面扩散。当然，这种判断是在理论分析结果的指导下进行的。又例如，应力腐蚀断裂是由一系列复杂的串联过程组成的，依据所测定的 Q_A 及理论分析结果，可以推论起控制作用的过程。

Q_A 来源于玻耳兹曼因子 $[\exp(-\varepsilon_i/kT)]$，在热激活的条件下，只有那些具备足够高的能量的原子才能越过它所面临的位垒，参加合金的过程。

作粗略分析时，一般假定指数项前的系数 v_0 或 D_0 不随温度而变；作精确分析时，应该考虑它的物理本质以及温度的影响。

经常出现 D_0 随 Q 的增加而增加的事实，例如碳在铁素体中的扩散系数 D_C^α 及碳在奥氏体中的扩散系数 D_C^γ 分别为：

$$D_C^\alpha = 0.020 \exp(-20100/RT) \tag{4-25}$$

$$D_C^{\gamma} = 0.12\exp(-32000/RT) \qquad (4-26)$$

又例如，瓦什（Wach）总结了大量的有关氢在金属中扩散的数据，获得 $\lg D_0$ 随 Q 的增加而增加的经验规律：

$$D = D_0\exp(Q/R\theta) = 2\times10^{-8}\exp(Q/710R) \qquad (4-27)$$

又例如，上坡扩散是碳从低浓度区向高浓度区扩散，从表面上看这是不合理的；但是，由于硅及锰对于碳的活度有不同的影响，这种扩散使碳的活度下降，从而体系的自由焓下降，这正符合过程的第一原理。

亚稳相形成时各种相互竞争的自然过程，由于化学自由焓 $\Delta G_V V$、界面能 $\gamma_{\alpha\beta}A$ 及应变能 εV 的综合影响，在合金中出现了与平衡相的成分、结构、形状等不同的各式各样的亚稳相。

例如，高铜的 Al-Cu 合金，固溶处理后的过饱和固溶体，可以有各种沉淀相。在室温时效时，虽然析出 GP 区时的 $|\Delta G_V|$ 由于过饱和度较低而较小，但由于淬火空位的协助，却易于形成。高温时效时，非共格的 θ 相，借助于晶界可降低形核功，因而择优地在晶界沉淀；而共格的 θ' 相，则借助于共格而在晶内普遍沉淀。

高碳钢（例如 1.0% 的碳）在高温（例如 600 ~ 700℃）退火时，Fe_3C 既有球化而降低界面能的过程，也有分解为稳定的石墨的过程。一方面，石墨化这种相变在温度－时间坐标系中，有碳形的转变动力学曲线，应该避免在“鼻尖”温度退火，借以减少石墨化；另一方面，Fe_3C 中溶有少量 Mn、Cr 等，可以增加它的稳定性，而 α-Fe 中少含增加碳活度的元素，如 Al、Si 等，都可抑制石墨化。

低碳或超低碳（例如碳含量小于 0.10% 或 0.03%）钢，由于过饱度很小，只能在晶界沉淀 Fe_3C_3 高硅钢，有可能在晶界发现石墨。

又例如，合金均匀化退火时，既有化学成分宏观均匀化的过程，又有晶界形成吸附区的微观的非均匀化的过程，这些过程都使体系的能量下降。

若接受曾纳(Zener)的 D_0 理论，则：

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) = \left(\gamma a_0^2 \nu \exp\frac{\Delta S}{R}\right)\exp\left(-\frac{\Delta H}{RT}\right)$$

式中，D_0 的单位为 m^2/s，$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$；$\gamma$ 为几何系数；ν 为原子振动频率；a_0 为点阵常数。这些分析只是指出，不仅 ΔH 而且 ΔS 都会影响过程的速度。

第六节　过程选择

从一个状态到另一个状态的自然过程能否发生？若能发生，在几个并联的可能的途径中，过程又是选择哪一个途径进行？这些问题可由过程三原理来解答。现用能量分析方法，示例地阐明它们的应用。

过程必须沿着能量降低方向发生。位错引起的弹性应变能正比于柏格斯矢量的平方 b^2，而通过位错反应可以改变位错的组态：

若　$b_1^2 > (b_2^2 + b_3^2)$，　　则　$b_1 \to b_2 + b_3$

若　$(b_4^2 + b_5^2) > (b_6^2 + b_7^2)$，　　则　$b_4 + b_5 \to b_6 + b_7$

在体心立方晶体中，最短的柏格斯矢量是$\frac{1}{2}\langle 111\rangle$，$b = \sqrt{3}a_0/2$；其次是$\langle 100\rangle$，$b = a_0$，其中 a_0 是点阵常数。下列反应不会发生：

$$[100] \to \frac{1}{2}[111] + \frac{1}{2}[1\bar{1}\bar{1}]$$

因为这个反应使内能增加：$(3a_0^2/4+3a_0^2/4)>a_0^2$。而下列反应却可以发生：

$$[100]+[010]\rightarrow\frac{1}{2}[111]+\frac{1}{2}[11\bar{1}]$$

因为这个反应使内能下降：$(3a_0^2/4+3a_0/4)<(a_0^2+a_0^2)$。

第七节 过程类型

依据实验测定的扩散激活能 Q 的数值，可以判断扩散过程的类型。对于一系列串联的子过程组成的复杂过程，对比这些子过程的激活能与实验所测定的总过程激活能，可以判断起控制作用的子过程，即通称的“瓶颈”过程。

例如，蒋柏林等人研究氢气氛下生长的硅单晶（过饱和氢的硅）在加热的缺陷形成过程，用 X 射线拓扑照相法测定这种缺陷的尺寸 D，从恒温下 D 的线性长大，获得长大速度 $\dot{D}$，从不同温度 T 下的 $\dot{D}$，绘制 $\ln\dot{D}-1/T$，从所获直线的斜率得到缺陷的形成激活能为 231.6 kJ/mol。已查明，这种缺陷是氢引起的；氢原子、间隙硅原子、空位及双空位在硅晶体中的扩散激活能分别为 46.3 kJ/mol、49.2 kJ/mol、31.8 kJ/mol 及 124.5 kJ/mol，因此，扩散不是控制过程。红外吸收光谱证明，以 Si—H 键形成的过饱和固溶体加热时，出现 Si—H 键的断开；这种键合能与 236.1 kJ/mol 接近；因而判断这种缺陷的形成，是由 Si—H 键的断开控制的。

上面关于过程的六小节，依次分别论述了过程的方向、失稳、进度、速度以及并联和串联过程的控制（选择和类型）。

第八节　性能参量

材料的韧性是应变能指标，它是材料塑性变形和断裂全过程吸收能量的能力；光滑、缺口或预裂纹的试样的力学试验结果，均可换算成量纲为能量的韧性。对于预裂纹试样，可以写出推动裂纹扩展和阻止裂纹扩展的能量平衡方程：

$$U_e + U_c = U_s + U_p + U_k + U_t$$

式中，U_e、U_c、U_s、U_p、U_k 及 U_t 分别是裂纹尖端的弹性应变能、电化学反应的阳极过程所释放的化学能、形成新裂纹的表面能、裂纹尖端的塑性变形功、裂纹快速扩展的动能及裂纹尖端的相变功（例如从奥氏体到马氏体的转变）。它们的表达式有：

平面应力时：

$$U_e = -\frac{\pi\sigma^2 a^2}{4E} \tag{4-28}$$

在中心穿透裂纹条件下，a 为裂纹长度，σ 为垂直于裂纹的拉伸应力，E 为弹性模量。

$$U_c = \frac{ZF\rho\delta\eta}{M} \tag{4-29}$$

式中，Z 及 M 分别是腐蚀时阳离子的电荷数及相对原子质量；ρ 为阳离子的密度；η 为阳极超电压；F 为法拉第常数；δ 为裂纹的高度。

$$U_s = 4\gamma \tag{4-30}$$

式中，γ 为比表面能。

$$U_k = \frac{V_c^2 U_e}{C_0^2 \beta} \tag{4-31}$$

式中，V_c 为应变速度；C_0 为弹性波速度；U_e 为弹性应变能；β 为

系数。

对于消声材料(或叫阻尼材料)要求耗损外部能量的 Q^{-1} 值大。对于铁磁材料,则对 BH 坐标系中的磁滞回线包含的面积——磁能有所要求:软磁材料要求这个面积小而瘦长,则铁损小而磁感高;硬磁材料则要求这个面积肥而大,则贮能大。对于铁电体,在极化强度 - 外电场的坐标系中,也有类似的电滞回线。

附录 1　热力学两定律在认识人文社会现象中的应用

热力学第一及第二定律分别总结了“能量关系”和“过程方向”,它们不仅已被自然科学广泛应用,也可用于说明人文社会现象。

热力学第一定律又称为“能量转变和守恒定律”,或俗称的“能量不灭定律”。人类社会出现能人多方面兼差挂实名,有时弄不清什么是他的职务,什么是他的职责和贡献。

个人的能量总量是固定的,若所兼各项工作能互助,可否协同长进? 难! 这些互助容易犯规、犯法,导致社会不公平,不应鼓励和允许。

热力学第二定律又称为熵增原理:

$$dS_{总} \geqslant 0 \qquad (4-32)$$

式中,“=”表示可逆过程;“>”表示不可逆过程。

而

$$S = k\ln W \qquad (4-33)$$

式中,W 叫做热力学几率。不可逆过程是朝着熵增的方向。

在人类社会的民主选举过程,高票赞成(W 大)是稳定的。

附录2　能量分析方法(七言诗)

1992年8月22日　北京

运用能量分析方法,可分析材料学如下三论[9]的八类问题:

(1) 结构论——平衡结构[1];

(2) 过程论——失稳[2],方向[3],选择[4],类型[5],速度[6],进度[7];

(3) 性能论——韧性、磁能等[8]。

一

能量无知控三论[9],学人自觉解纠纷。
局部能量极小值,平衡结构[1]暂安停。

二

能量跃过极大值,　过程失稳[2]急奔腾。
进度[7]速度[6]若计算,又需能量入方程。

三

过程选择[4]和类型[5],比较能量有遵循。
韧性磁能综合值,　性能控制[8]思路清。

四

过程方向[3]能量降，能量释放属响应。
希腊亚翁思转变，能量下降目的因？

附录3　社会现象的能量分析

1988年12月27日　北京

1977年12月，中国科协挑选中国金属学会、中国航空学会、中国林学会等五个学会在天津恢复活动，成千学人，聚集天津宾馆，盛况空前。故思考用能量方法解释一些所见社会现象，录以备忘。

一、社会稳定性

在恒温及恒容条件下，热力学采用自由能(F)作平衡条件和过程方向的判据：

$$F = U - TS$$

式中，U为内能，T为温度，S为熵。依据统计力学，从状态数W及玻耳兹曼常数k，可计算S：

$$S = k\ln W$$

降低F的三方面措施：

（1）降低U——增加内聚力，团结；

（2）提高T——提高政治气温；

（3）增加W——民主，则意见多。

组态为一熵为零，政治气温空高腾。
社会稳定谁支撑？团结一统靠内能。

二、科技早春

十年酷冬胜尖刀，海河之滨春来早。
齐欢争鸣组态多，熵大温高齐欢跃！

第五章　因果和命运

第一节　因果学说

事物变化的原因也只有内、外两类；命运由命与运组成：

事物变化的原因 = 内因 + 外因

命运 = 命 + 运

由此，可借古今东西的哲理，有所启示，如：

(1) 释迦牟尼(公元前 563 ~ 公元前 483)：缘起论——“诸法因缘起”。

“因”与“缘”分别是变化的内因与外因。

(2) 亚里士多德(公元前 384 ~ 公元前 322)：四因论——事物因果关系的四原因。

形式因——变化发生的条件；质料因——变化发生的物质；
作用因——发生什么变化；　目的因——为什么发生变化。

(3) 孙武(春秋齐人)：《孙子兵法》第Ⅲ篇第八章。

“知彼知己者，百战不殆。”

殆——危险，失败；彼是敌人，是外因，己是自己，是内因。

(4) 毛泽东(公元 1893 ~ 1977)：矛盾论。

“唯物辩证法认为外因是变化的条件，内因是变化的根据，

外因通过内因而起作用。"

(5) 微观材料学:

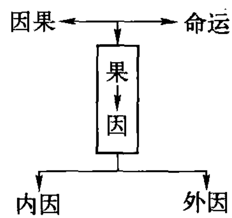
变化的内因是材料内部的物质结构,外因是外部的工作环境。

(6) 俗话(命运学):

"命不好,运气也不佳。"(也就是命运差)

表5-1比较了各种因果学说。

表5-1　古今中外因果学说汇集



释迦牟尼	因	缘	诸法因缘起
亚里士多德	质料因 ← 形式因 过程因 → 目的因		四因说
孙武	己	彼	知彼知己者 百战不殆
毛泽东	内因	外因	矛盾论
材料学	结构	环境	材料论
命运学	命	运	命运论

第二节　"命"的改变

"命"是一切人、事、物变化的内因,也就是一切系统的内部

结构(S)。在材料界,为了改变这个内因,采用不同的生产工艺,改变材料内部的成分(E)和组元的排列方式与运动方式(R):

$$S=\{E,R\}$$

在教育界,通过教育培训,改变学生的知识结构和情意结构;在科技界,通过研究与开发,这种科技实践也可改变科技人员的知识结构。

关于"治学"、"创新"、"成才"三路的分析,可以归纳为改变士人"命"的三途径。简述如下。

一、治学循简易

寻求和建立各门大小学科的简易规律,在脑内的经纬线路清晰,运用可自如,这是《易传》所指的道路:

"易一名而含三义:易简一也;变易二也;不易三也。……易则易知,简则易从。"

为此,治学过程中,宜遵循《中庸》所指的正道:

"博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃行之。"

二、创新三途径

"创新"应与"旧"比,才能认识"新"。参考表5-2:对于"科研",要正确地对待"抄"与"超"的三途径,如实"抄"而不承认,或使人可怜;或确是剽窃,令人厌恶,甚至可憎。如有经济效益,应购买专利;否则存在上法庭受审、受辱之命。对于学习有获,也是一样,应注明参考文献。这样做,既尊重别人的劳动,又便于进一步查阅。

表 5 -2　“抄”与“超”的对比

引　进	类比交叉	实践提升
本国以前没有， 引进就是创新； 发展中国家的快速发展道路	有效的、 常用的 创新方法	中国革命和建设理论： 毛泽东思想， 邓小平理论，三个代表重要思想
抄	超	超

我们期望，生物学家终有一天，能够人工地改变基因的排列方式或基因本身，从根本上改变“命”。

三、教育三面向

当代中国，通过教育而改变受教者的命，应执行：
“教育要面向现代化，面向世界，面向未来。”
这是争取好“命”的正道。

第三节　“运”的对待

“运”是一切人、事、物变化的外因，也就是系统周围的环境。腐蚀、磨损和断裂是材料“短命死矣”（或“失效”）的主要方式。物事如此，人事也相似。1998 年 10 月 26 日海峡两岸材料腐蚀与防护研讨会上，我受邀作了开幕词，为了增添一点文哲气氛，试作腐蚀广论十首，论述如何正确对待“腐蚀环境”这个运：防止和利用。

海峡两岸材料腐蚀与防护研讨会

开 幕 词

腐蚀广论十首

广思天下,地上,人间腐蚀事,顿悟物理,事理,人理相通。若用因缘之道,仍可延年益寿。成诗九首,抒情达意,明理述怀。坏事可变好事,利用腐蚀,可为人类效劳,增诗一首——生物腐蚀。

一 金属腐蚀

顽童借矿石,冶炼化成宝。巧制成器皿,人类齐夸好。
天下至柔水,攻坚谁比高?慈母遣水兵,追回锈蚀投怀抱。

二 政经腐败

金钱如圣水,覆舟载船巧。鬼谷揣摩术,仍需财货饱。
孙吴兵法商,圣智用间妙。说客间谍辈,腐败人才无节操。

三 自然奇景

盘古开天地,山川风雨雕。有理复有情,江山何多娇。
腐蚀创奇景,游客齐赞窍。宇宙风化事,谁是导演谁知晓?

四 凡人存亡

坠地呱呱嚎,饱食安睡好。中壮勇拼搏,曾有几欢笑?
磨损又疲劳,腐蚀促衰老。孺子如矿石,慈母思念回怀抱。

五　大厦倾倒

雕梁巨柱新,大厦何风骚。虫食上梁歪,风化钢筋凋。
腐蚀又腐败,大厦易倾倒。狠心勿忌医,延年益寿晚悲悼。

六　医治预防

宇宙与人世,共惊腐蚀妙。世上有情人,离别悲难消。
诸法因缘起,环境慎理调。强身优结构,延年益寿医护好。

七　英雄竞折腰

道理互通融,人事与材料。凡人惊奇景,出没有共道。
医防人所望,悲伤物早夭。宇宙腐蚀事,无数英雄竞折腰。

八　回皈何必殇

金属腐蚀自然势,　政经腐败社会殇;
自然奇景宇宙创,　凡人回皈何必伤?
万年地层显沧桑,　大厦自毁太匆忙;
覆巢之下无完卵,　众志成城齐救亡。

九　诸法因缘起

相逢聚情难离别,　延年益寿人共望。
佛语诸法因缘起,　英雄折腰觅预防。

十　生物腐蚀

人类腐食壮成长,　美食腐臭非人望。
酶菌食粮成美酒,　李白斗酒诗豪放。
稀散宝矿何回收?　细菌选冶有所望。
白色污染逞刚强,　降解酶菌驰疆场。

同任何的“破坏”效应一样，它的“害”和“利”，取决于人们的意愿和感情。对于材料腐蚀来说，结构部件的腐蚀是有“害”的，这是一种导致严重损害的材料失效方式；另一方面，人们也可设法利用它的有“利”方面，获得经济效“益”。

金属在水溶液中腐蚀过程有阳极溶解及阴极释氢。前者耗费了金属，后者导致氢脆、氢致开裂等，都是有害的。氢在金属中，是否都有害？科技界能否利用阳极溶解为人类服务并创造经济效益？在下面，简示腐蚀的有益作用。

一、氢的有益作用

氢可引起材料的各种损伤；但是，在许多情况下，氢对材料的工艺和性能，确是有益的，举例如下。

(一) 氢对材料工艺的影响

(1) 还原气氛。

(2) 细化钛合金晶粒及其他原因，提高塑性，改进加工性能。

(3) 制备塑性金属粉末。例如钽，难于磨成粉末，故先氢化成脆性的氢化物，磨细后再加热，脱氢而获得钽粉。

(4) 加氢使重油转化为轻油。

(二) 氢对材料性能的影响

(1) Si-20%(原子)H——利用悬挂键的太阳能电池。

(2) 加氢导致钛合金的超塑性。

(3) 氢化物的储氢材料。

(4) 铅中加锂及氢，由于形成氢化锂，显著地提高铅在室温的蠕变断裂强度及降低室温蠕变速率。

（5）铂中加氢，通过多次加工，可提高强度，制备纯化氢的过滤片。

（6）铁中充氢，由于 Le Chatelier 原理，可提高抗酸蚀能力。

（7）氢化物可用作核反应堆中减速剂、反射器、屏蔽或控制材料。氢化物用于热能转换。

二、阳极溶解的有益作用

现从浸蚀（etching）、化学加工（chemical milling）及抛光（polishing）三方面简介如下。

（一）浸蚀

对于金属进行化学或电化学浸蚀，可达到如下四个目的：

（1）显示金相组织。在显微镜下可区别软相与硬相；否则，必须选用适当的浸蚀剂（etchant）才能清晰地观察到由各相组成的金相组织。

（2）阐明晶间腐蚀的机理。Cihal 及 Prazak 于 1959 年测定 Cr-Ni 奥氏体不锈钢中 γ 及 σ 相的阳极极化曲线：在检验晶间腐蚀的 H_2SO_4-$CuSO_4$ 溶液中的氧化－还原电位下，由于 σ 相比 γ 相还稍耐蚀，显示不出 σ 相在晶界形成所引起的晶间腐蚀；而在检验晶间腐蚀的沸腾 65% HNO_3 溶液中的氧化－还原电位下，σ 相的耐蚀性远低于 γ 相，故能显示 σ 相在晶界沉淀所导致的晶间腐蚀。

（3）塑性粉末的制备。应用晶间腐蚀，可以制备塑性合金的粉末。晶间腐蚀后的合金，晶粒之间丧失结合力，使合金的强度几乎为零。经过这种腐蚀的奥氏体不锈钢样品，外表仍然十分光亮，但轻轻敲击，便断成细粉。控制晶粒度号（N），便可确定粉末的平均直径：

N	1	3	5	7	9	11	13	15
$D/\mu m$	250	125	63	32	16	8	4	2

若晶粒再细，细到0.1 μm（100 nm）数量级，便可获得纳米级的合金粉末。

（4）制备印刷电路，即溶去多余的导体。

（二）化学加工

与机械加工比较，利用阳极溶解对金属材料进行化学加工，有四个优点：

（1）适用于表面形状复杂的构件；

（2）对于已成形的板状构件，只能用化学加工；

（3）对于加工量较小的构件，化学加工较省；

（4）加工后的表面较光滑。

采用酸性或碱性溶液，对铝及铝合金部件进行化学加工，已是工厂的成熟工艺 。另一种有趣的成熟工艺是“电解加工”（electrolytic machining），它将磨削与化学加工结合：加工的部件是阳极，金刚砂轮是阴极，在适当的电解液中通电磨削，砂粒既起到磨削作用，又起到阳极－阴极之间的绝缘作用。

（三）抛光

抛光（polishing 或 brightening）有化学及电解抛光两类：前者不需要外加电流，而后者则需要；它们的共性是表面的突起处溶解快，逐步达到表面光滑。

1. 化学抛光

工厂广泛地采用这种工艺抛光铝合金，抛光液为浓酸或加入氧化剂的稀酸，常用的酸有硫酸、盐酸、硝酸、磷酸、醋酸等。

2. 电解抛光

电解抛光易于控制，广泛地用于各类合金，如铝合金、不锈钢、黄铜、铍青铜、锌合金、高温合金、低合金钢在电解抛光过程中，金属阳极溶解产物与电解液作用，在金属表面形成一层薄膜。这种薄膜有两种类型：

（1）阳极溶解产物饱和的电解液黏性膜；

（2）阴极释放的气体，一般是氧。

在大多数工业上采用的电解液中，这两种膜同时存在。

3. n型半导体的抛光特征

半导体芯片在制造过程中，需要多次应用腐蚀原理进行。例如，在切割形成的表面变形层，需要抛光去掉。

有别于金属及p型半导体，n型半导体的腐蚀阳极过程较困难，原因如下述。令X代表金属M或半导体S，则腐蚀的阳极过程是：

$$X \longrightarrow X^{+} + e^{-} \tag{5-1}$$

电子的能带理论指出，金属及p型半导体的能带含低能的空穴（h^{*}），阳极过程释放的电子（e^{-}）极易填充这个低能量的能级。n型半导体则不然，没有这种低能量的能级接受这些电子，只能与已填充的能带中空穴（h^{*}）反应：

$$e^{-} + h^{*} \longrightarrow 0 \tag{5-2}$$

而安居其位。但是，这种h^{*}的浓度很低，很快耗尽，需要从半导体的内部扩散至表层，才能满足式（5－1）向右进行。这种扩散限制了抛光的溶解速度约为20 A/m^2。

理解了上述物理过程，便可采用表面层的“光激活”（photo-excitation）或加热整个芯片，从而增加抛光速度。

第六章　过程论

从表5－1可以看出，只有亚里士多德的“四因说”提到“过程”，第一章的图1－2“材料微观问题的结构”示出这五个问题（环境、结构、过程、性能、能量）之间的关系，“环境（外因）”作用于“结构（内因）”，通过“过程”而表现为“性能（目的因）”。因此，“过程”对于理解和控制事物的变化，起到关键的作用。

本章分八节，简论过程；一个附录，介绍趣象。

第一节　定义及问题

过程的定义如下：

“事物的过程表明事物在给定外界条件下从始态到终态的变化。”

这个定义启示我们从以下五方面去分析过程：

（1）既是变化，便可从外因（环境）和内因（结构）的辩证关系去理解和控制过程。

（2）过程有方向、路线和结果，如何回答这三个问题？

（3）过程有始态和终态，知道它们，才能计算两个状态的差异，从而求出变化的结果。

（4）每一过程都有推动力和阻力，对于它们的了解，有助于我们控制过程。

（5）每一过程又可分解为若干子过程，这些子过程之间的

关系，也就是过程的结构，可划分为串联、并联及共轭三个类型。了解过程的类型，则有利于过程的控制。

第二节 类型及划分

实际的过程，有时是复杂的，它是由许多子过程组合而成的。依据组合的方式，参照电学领域的术语，可将过程的类型分为串联及并联两类。

串联时，若干子过程的电阻分别为 R_1、R_2、…、R_n，过程的电势为 E，则总电流 I 为：

$$I = E/(R_1 + R_2 + \cdots + R_n) \qquad (6-1)$$

起控制作用的电阻最大的子过程，俗称“瓶颈”。

并联时，则电流分支，若为两支：

$$I = I_1 + I_2 = E/R_1 + E/R_2 \qquad (6-2)$$

电阻小的支路中电流大，若电阻很小，则俗称为“短路”。人们总是设法降低所需要的子过程电阻，并增加不需要的子过程的电阻。

还有一种相互依赖而生存的共轭过程。例如，金属 M 在水溶液中的腐蚀，是一种电化学过程，包括了金属溶解的阳极过程：

$$M \longrightarrow M_z^+ + ze^- \qquad (6-3)$$

和消耗电子 e^- 的阴极过程：

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H \qquad (6-4)$$

或

$$O_2 + 2H_2O + 2e^- \longrightarrow 4OH^- \qquad (6-5)$$

阳极过程及阴极过程便构成了共轭过程：阳极过程释放的电子，需要阴极过程消耗，才能继续进行；而阴极过程又是在阳极过程

提供电子的条件下,才能进行。

从另一角度考虑,上述的金属腐蚀过程也是三个子过程的串联;阳极过程—电子输运过程—阴极过程。但是,为了突出其共轭性,可将它另列,正如力学性能与物理性能并列一样。

对于共轭过程,首先确定起决定性作用的瓶颈环节,然后控制这个环节。

过程也可划分为自然过程和社会过程两类:前者无人参加,又可分为生物及非生物过程;后者为人所组成的社会中所发生的过程,如社会发展过程、阶级斗争过程、经济体制转变过程、人员使用过程等。人自称是万物之灵,而私有制建立以后,又有严重的自私欲望,因此,社会过程就复杂一些。

第三节 自然过程三原理

过程有方向、路线、结果三个共性问题,运用演绎法、归纳法及类比法,可以分别证明这三原理:

(1) 从热力学第二定律演绎出的自然过程方向判据是:

$$(\mathrm{d}U)_{S,V}<0,(\mathrm{d}H)_{S,P}<0,(\mathrm{d}F)_{T,V}<0,(\mathrm{d}G)_{T,P}<0 \qquad (6-6)$$

这就证明第一原理:*自然过程的方向是能量下降*。随着限制条件的差异,而采用不同的能量。

(2) 从物理及化学中的大量变化,如水流、电流、热流、光程最短时间原理、力学中最小作用原理、塑性变形的最小阻力原理、化学反应选择最小激活能途径等,我们可以归纳出过程的第二原理。看来,自然过程有着尽量快地降低能量的倾向,简述为,*自然过程的路线是阻力最小*。

（3）类比生物进化过程的规律——生存竞争，适者生存，则相互竞争的各种自然过程的结果是适者生存。这便是第三原理，自然过程的结果是适者生存。

对于社会过程，虽然也有方向、路线、结果三个共性问题，但是，将自然过程三原理应用到社会过程时，具体的判据也许会有很大的不同，特别是过程的方向，这是人的私欲影响了社会的进程。

第四节 我国经济体制转变

一、两种体制

从发展历程来看，经济体制大体上可分为计划经济和市场经济两个类型。计划经济强调产量和速度，应该是在保证好、省的前提下，追求多快。计划经济是在统一计划下，由国家统一订货来安排生产，产品符合统一标准后，便由国家按统一的价格收购库存，然后由国家统一分配消费。在这种“五统一”的经济体制下，生产者较为省心，但会出现一些重要问题：标准是否先进？价格合法而又是否合理？分配是否恰当？信息反馈是否灵敏？等等。

另一方面，市场经济强调质量和利润，在好、省的保证下，再求多、快，以最大利润为主要判据。在利润的推动下，在“自由”竞争中，必须将销售放在第一位。为了能大量销售产品，首先，要不断地了解各种用户在产品质量、数量、价格、进度等方面的要求；其次，在原料、产品、工艺、设备、能源、人源、环境污染等方面进行调查研究，采取有效措施；第三，还要应用博弈论技术，预测竞争者的动向；只有采取这一系列措施，才能有竞争能力，维

持生存，并继续发展。

竞争与协调是人类社会需要解决的重大问题，早在1894年，赫胥黎在捍卫达尔文进化论所发表的演说集《进化论与伦理学》[13]序言中指出：

“一个否定生存斗争这种天性的人类社会，必然要从外部遭到毁灭；一个被这种天性统治的人类社会，必然要从内部遭到毁灭。”

当今，纯粹的计划经济和无干预的市场经济已不存在。例如，像美国这种高度发展的资本主义国家，如听任早期的自由竞争不加限制地发展下去，如不采取措施使之“进化”（evolution），必然会从内部发生“革命”（revolution），使之毁灭。因此，市场经济需要政府的宏观调控。美国政府通过税收，拥有巨大财力，政府可通过订货、贷款、社会福利、基建计划、科研经费控制、立法等措施，对自由竞争进行有力的干预、调控和引导。日本、韩国钢铁工业的发展，也是在政府政策有力支持下进行的，政府的行政干预起了积极作用。

二、转变历程

转变和建立一种经济体制，是一个十分复杂而艰巨的社会过程。首先，必须认清转变过程的始态和终态。中国几十年来是从社会主义计划经济体制转变到社会主义市场经济体制的，如表6－1所示。这个转变过程是依据中国国情、实事求是逐步转变的。近20年来，中国国民生产总值取得平均每年约10%的增长率，这一世界瞩目的结果证明这种转变是成功的，反映出社会主义市场经济体制，即中国特色的社会主义道路，促进了中国经济与社会的发展与进步。

表6-1 我国经济体制的转变历程

序号	日期	经济体制的提法
1	1949-10-1	计划经济
2	1978-12-22	十一届三中全会:工作重点转移到社会主义现代化建设
3	1982-9-1	十二大胡耀邦报告:计划经济为主,商场调节为辅
4	1984-10-20	十二届三中全会:公有制基础上的有计划商品经济
5	1985-9-23	十二届二次全会:社会主义的有计划的商品经济
6	1987-10-25	十三大赵紫阳报告:社会主义有计划商品经济
7	1992-10-12	十四大江泽民报告:社会主义市场经济
8	1993-11-14	十四届三中全会:关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定
9	1997-9	十五大,坚持社会主义市场经济的改革方向

三、社会主义市场经济的创建

(一) 演变

《邓小平文选》第三卷(以下简称《邓选》)[14]p35为建设有中国特色社会主义宏伟大厦,提出了理论,规划了设计的蓝图;江泽民同志在党的十四大的报告(以下简称《报告》)中指出:“加快改革开放和现代化步伐,夺取有中国特色社会主义事业的更大胜利”,并总结了有中国特色社会主义理论的九方面主要内容,提出了90年代我国改革和建设的主要任务;十四届三中全会通过的《中共中央关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定》(以下简称《决定》),是建成有中国特色社会主义宏伟大厦的一个重要施工方案。

（二）系统

《报告》指出：社会主义市场经济体制“就是要使市场在社会主义国家宏观调控下对资源配置起基础性作用，使经济活动遵循价格规律的要求，适应供求关系的变化；通过价格杠杆和竞争机制的功能，把资源配置到效益较好的环节中去，并给企业以压力和动力，实现优胜劣汰；运用市场对各种经济信号反应比较灵敏的优点，促进生产需求的及时协调。同时也必须要看到市场有其自身的弱点和消极方面，必须加强国家对经济的宏观调控。”这些观点以及《报告》中其他的有关内容一并归纳于图 6－1。

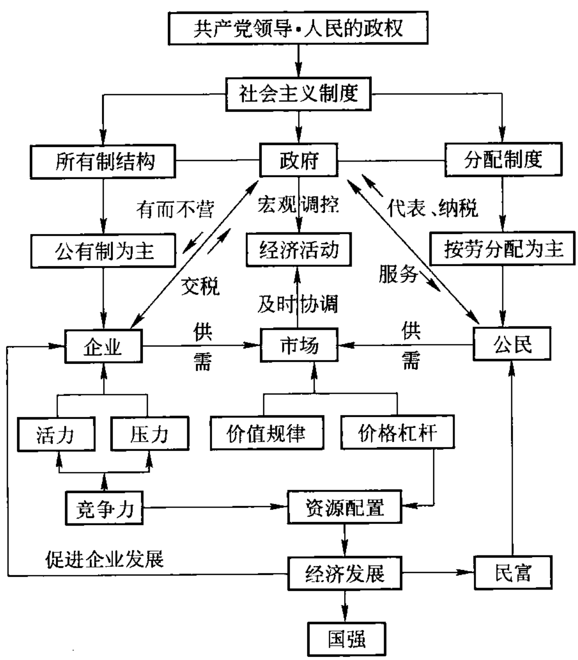


图 6－1 社会主义市场经济体制的系统

四、社会主义市场经济的生机与发展——奇偶

面对积累已久并于2008年下半年爆发的美国金融海啸大危机，美国政府于2008年9月22日宣布，调用国家资金7000亿美元，注入陷入危机中的美国诸多大银行与大公司。这是采用社会主义式的救市手段！法国总统萨科齐也于2008年9月23日呼吁，世界领导人2008年晚些时候举行一次旨在重建“调控型资本主义”来取代混乱不堪的世界金融体系的峰会。

《参考消息》2008年11月3日刊载：上周在欧洲议会，面对欧洲议员质问他是不是变成社会主义者，萨科齐一脸无奈，但也不得不承认，“是的，也许。”同文又称“萨科齐是欧式资本主义‘旗手’。”

《参考消息》2008年11月3日刊载：“政府动用大笔公帑救市，被指已令美国变成金融社会主义。”……“这些行为使得企业利润落入股东口袋、企业亏损则由公众包底，违反了资本主义的道德责任。……”

看来，“资本主义”的“市场经济”与“社会主义”的“公正公平”是一对奇怪的配偶，参考我国建立“社会主义市场经济”成功的改革经历(表6－1)，趣叙这个“奇偶”现象。

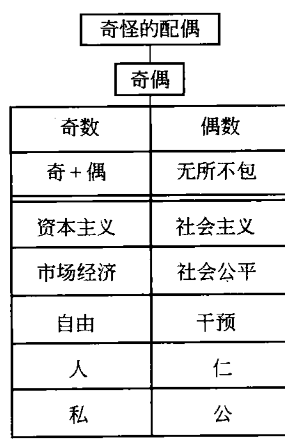


图6－2　社会主义市场经济的组合

(一) 分析

如图6－2所示：“奇偶”是“奇怪配偶”的简称；“奇”与“偶”

又是“奇数”与“偶数”的简称。因此，“奇 + 偶”对所有的数，无所不包。资本主义与社会主义分别主张自由竞争的市场经济与公正公平分配的计划经济；它们分别侧重个人的利与集体的仁；市场经济与社会主义的适当结合而成的“社会主义市场经济”（表 6－1 中的第 7 项）有可能得到较好的结合。

从表 6－1 可以看到：1949 年新中国成立，实行“计划经济”；从 1978 年开始将国家工作的重点转移到社会主义现代化建设以来，逐步到 1992 年 10 月，才确定“社会主义市场经济”。

图 6－3 进一步示出“有中国特色的社会主义市场经济的组合”：资本主义的市场经济；社会主义的社会公平；我国儒家和兵家的贡献。

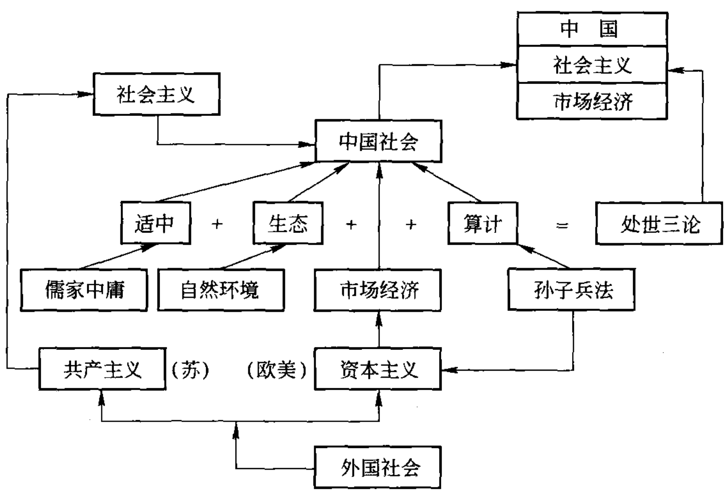


图 6－3　有中国特色的社会主义市场经济

（二）两只手同时作用

2009 年 2 月 2 日，温家宝总理受邀在英国剑桥大学具有

500年历史的"瑞德讲坛"发表了题为"用发展的眼光看中国"的演讲(《经济日报》,2009年2月4日),精辟地指出:

"中国改革开放,最重要的是解放思想,最根本、最具有长远意义的是体制创新。我们推进经济体制改革,建立了社会主义体制。"

温总理的报告还有如下三个重要观点:

(1) 中国曾长期实行高度集中的计划经济,把计划看成是绝对的,束缚了生产力的发展。这场金融危机使我们看到,市场也不是万能的,一味放任自由,势必引起经济秩序的混乱和社会分配的不公,最终受到惩罚。真正的市场化改革,决不会把市场机制与国家宏观调控对立起来。既要发挥市场这只看不见的手的作用,又要发挥政府和社会监管这只看得见的手的作用。两手都要硬,两手同时发挥作用,才能实现按照市场规律配置资源,也才能使资源配置合理、协调、公平、可持续。

(2) 国际金融危机再次告诉我们。不受监管的市场经济是多么可怕。从20世纪90年代以来,一些经济疏于监管,一些金融机构受到利益驱动,利用数十倍的金融杠杆进行超额融资,在获得高额利润的同时,把巨大的风险留给整个世界。这充分说明,不受管理的市场经济是注定行不通的。因此,必须处理好金融创新与金融监管的关系、虚拟经济与实体经济的关系、储蓄与消费的关系。

(3) 有效应对这场危机,还必须高度重视道德的作用。道德是世界上最伟大的,道德的光芒甚至比阳光还要灿烂。真正的经济学理论,决不会同最高的伦理道德准则产生冲突。经济学说应该代表公正和诚信,平等地促进所有人,包括最弱势人群的福祉。被誉为现代经济学之父的亚当·斯密在《道德情操论》中指出:

“如果一个社会的经济发展成果不能真正分流到大众手中，那么它在道义上将是不得人心的，而且是有风险的，因为它注定要威胁社会稳定。”道德缺失是导致这次金融危机的一个深层次原因。一些人见利忘义，损害公众利益，丧失了道德底线。我们应该倡导：企业要承担社会责任，企业家身上要流淌着道德的血液。

综合考虑上述观点可以得出：

(1)《道德情操论》所提出的“道德”要求；

(2)《国富论》所提出的“一只看不见的手”的“市场”要求；

(3) 政府监管的“法律”作用；

(4) 社会干涉的“舆论”作用。

前二者是所谓的“看不见的手”；后二者是所谓的“看得见的手”，这四者便构成了如图6－4所示的“四只手”，共同影响人类社会中人的经济行为！

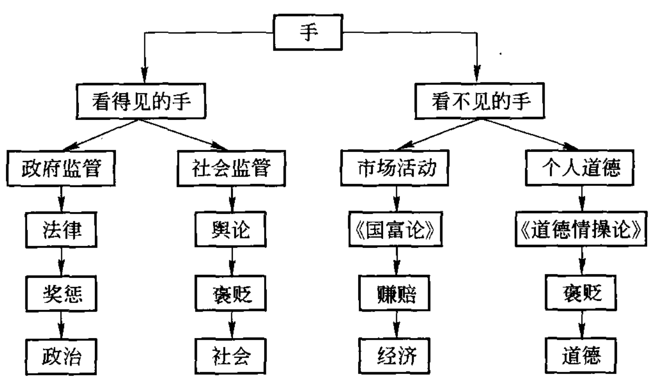


图6－4 推动人类社会经济良性发展的两只看得见的和两只看不见的手

由此看来，综合运用各家之长，有可能孕育出新的概念、新的思路、新的方法和新的机制。中国30年来的改革开放实践逐步、成功地运用了上述“四只手”来促进中国经济的运作，结果是令世人瞩目的。同时，从学习学的角度思考，人们应该善于学习、虚心学习，取人之长补己之短。正如《论语》所述：

“三人行，必有我师焉，择其善者而从之，其不善者而改之。”——(《论语》“述而7.22”)

(三) 结语

归纳本节所述，以学习学的角度得小诗一首：

治学如何行？　博学境域明；
审问辨真伪；　慎思择途径；
明辨知是非；　笃行苦学问。
如见新思迹，　微笑忌久停！

第五节 人到老年

下落与上升，正如衰与兴、死与生，是宇宙间正常现象，有何可悲？人类从大自然母亲那儿借来矿石，还原而成金属，随后又腐蚀氧化而回到大自然怀抱。正是从哪里来，又回到哪里去！

庄周(公元前369～公元前286)活到83岁，在古代，确是不易，也许由于他很达观。妻死寓言(外篇·至乐)云：

“庄子妻死，惠子吊之。庄子则方箕踞鼓盆而歌。惠子曰：‘与人居，长子老身，死不哭亦足矣，又鼓盆而歌，不亦甚乎！’庄子曰，不然，是其始死也，我独何能无概然！察其始而

本无生，……今又变而之死，是相与春夏秋冬四时行也，人且偃然而寝于巨室，而我嗷嗷然而哭之，自以为不通乎命，故止也。”

1990年游甘肃敦煌，悟到同样道理，莫高窟的第158窟中间卧佛是长达16米的释迦牟尼涅槃像，微笑而到彼岸。周围有举哀像八十八身，分三层：上一层为菩萨，深谙四谛，理解涅槃，神情自若；中层的罗汉、弟子，悟性尚浅，仍悲天怆地；第三层是各族王子的俗人，不解佛门真谛，悲泣嚎哭，痛不欲生。

观察科技人员，殊途同归到老年。如图6-5所示，真清闲的享受天伦之乐者，人数少，而假清闲而不耐闲者，或不改行、或改行者计有八类，这也是殊途。悟之有感，成诗存念，也许是此落而彼升？

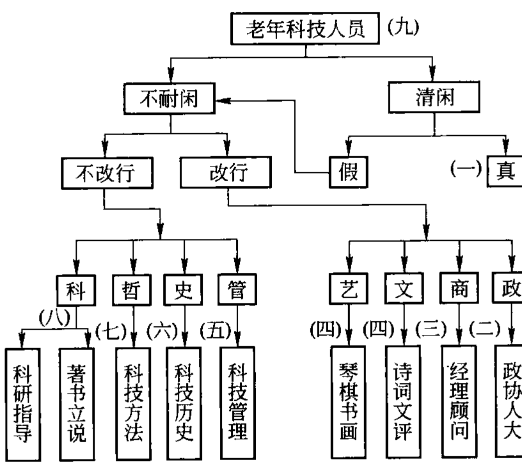


图6-5 殊途同归，同归后殊途

括号内数字为《同归后殊途》一诗的诗序

同归后殊途

1992年元月19日，北京

一 悟 老

人到老年未知晓，　退职离休方悟老。
天伦团聚人称乐，　关系矛盾谁知了？

二 从 政

形势变化有需要，　政协人大如受召，
参政议政慎从事，　勤奋协商作代表。

三 经 商

余光余热需散消，　顾问协理可应邀。
获顾受问未冷落，　丰衣足食乐温饱。

四 文 艺

琴棋书画心冶陶，　评论诗词忙文稿。
文艺原是书生事，　政治气象莫忘了。

五 管 理

暂入管理忙审表，　评议他人防干扰。
会审评家专[①]有时，　专家评审会[①]慎保。

六 历 史

来龙去脉需探讨，　科技功过人争吵。
借鉴古镜照今世，　未来又向何处跑？

七 哲 理

环境系统循正道，　逻辑推理未渺渺。
科技哲理叹晚晓，　掌握方法傲明朝！

八 立 说

坚守岗位人稀少，　著书立说谁称好？
包销资助②我无能，　人寿书寿试比高③？

九 舞 台

人生舞台谁说小？　生旦净丑争折腰。
演尽酸甜人间事，　多娇演员齐赞好！

注：①“专家评审会”反向为“会审评家专”，专家，特别是“评家”，慎之慎之。

② 在商品经济及市场经济体制下，兴起用科研经费或其他公费包销或资助出书；私书公出，一般人无能为力。

③ 有钱人靠钱出书，书寿更短，绝对难与人寿比高。

第六节 升落过程

材料中的电子，可以说是无知、无情和无意的，在恒容和绝热的条件下，采用内能(U)为最小的平衡判据：

$$(\mathrm{d}U)_{S,V}=0 \qquad (6-7)$$

因此，电子安于低能的低态，逐渐地从最低能态一个一个地向高能态填充，多么有序而又谦让！

人子则不然，人有知、有情、有意，由于高位有权、有势、有名

或有利，俗云：水往低处流，人向高处爬。大多数人总是手脚并用地向高处爬。何处是高？这既受环境决定，也受个人的志趣和情操的影响。

在封建社会，人们凭地位和特权享受社会财富，而士为四民之首，因此，“万般皆下品，唯有读书高”，人子如有条件，由士而仕，名利双收。在资本主义社会，资本家借资本而掌握巨大财富，并影响政治；另一些资本家又利用和勾结政客而发横财；另一方面，不法政客名官实商，形成官商，更是权势、金钱双丰收。

高能量电子的运动、争夺、化合、分解等活动决定了物质和材料的行为和性能；人子组成的人类社会，也是居高位（政治、经济、学术等领域）有高能量的人子的活动——竞争、协调，决定了人类社会现象的走向。

看来，居高位者，势高能大，能发挥的作用大，而作用是性能的一种表现，故性能也高。这种高位，也因环境及个体志趣情操而有差异；不外名利权势，政界、商界、学术界，……，各有所好，不必强同。已够温饱的学人听到富商感叹：“我穷得什么都没有，只剩下金钱！”聊以自慰。

电子安于低位，当环境提供其能量 ΔE 时，它跃升到对应的高能级；当它下落到原位时，放出这个能量 ΔE，表现出辐射频率为 γ 的可见光、X 光或其他辐射波：

$$\Delta E = h\gamma \qquad (6-8)$$

式中 h 为普朗克常数。这不是俗称的余热余光，而是归还从环境借来的热和光。

人子有知，大多数喜欢跃升，或奋斗，或挣扎，手足并用的上爬。但这还不够，还很不够，还要靠赏识者（外界或环境）的提

拔。改革或革命,上爬加提拔,将人子激发而跃升到泡利不相容原理所容许的高能的空位,可能是一阵喜悦。但是,好景不长。正如古谚所云:“不雨花犹落,无风絮自飞。……风雨虽外缘,飞落摧无情。”流水如斯,抽刀断水水仍流。离休退休,在所难免,下落时,能量释放。爬得愈高,摔得愈重,即 ΔE 愈大,心中迷失感愈大,γ 愈高;若能达观,则 ΔE 便转变为余光余热;若暂时想不开,则有不同音调(γ)的怨声牢骚。

看来,等级森严,许多等级构成带,带间有禁区,物界及人界均相似,但升落变化时导致的变化,却有大异。备课时有此感受,成诗存念。

各界升落

1989年3月31日,北京

一 跃 升

电子无知安低位,　　凡人有心向上爬。
等级势能禁带严,　　高升跃迁赖提拔。

二 回 皈

走马轮换是正道,　　人世变迁夕阳斜。
电子下落献余光,　　凡人回皈为何嗟?

三 上 下

无知电子循正道,　　有心凡人无年华。
能上能下是电子,　　群居高位笑西霞。

第七节 目 的 因

一、引言

亚里士多德(公元前384~公元前322)认为,对一种相关或过程的合理解释,应该详细地说明因果关系的四个方面。这四个方面与释迦牟尼的缘起论,毛泽东的矛盾论以及微观材料学的五因素的对比列于表6-2。

表6-2 亚里士多德的四因论与微观材料学的五因论

四 因 论	微观材料学
形式因——变化发生的条件	环 境
质料因——发生变化的物质	结 构
作用因——发生什么变化?	过 程
目的因——为什么发生变化?	能量? 性能?

从表6-2可以看出,需要进一步讨论的是"目的因"。

二、分析

(一) 亚里士多德的应用

目的论的解释,使用"为了(in order that)"或其他的措词。亚里士多德用"目的因"批评了其他学者,例如:

(1) 他批评了德诺克利特和留基伯的"原子论",因为这种理论用原子的聚集和分散来"解释"自然的过程。但是,它忽视

了“目的因”。

（2）他批评了毕达哥拉斯学派的自然科学家，因为他们认为，当他们发现了某种过程的数学关系，他们便解释了这个过程。亚里士多德认为这个学派过分地注重形式因。

物体可分为无生命的和有生命的两大类，亚里士多德对于运动目的，曾尝试进行如下并不成功的解释：

（1）火的上升，石头的下落等，是为了达到它们各自的“自然位置”或达到它们各自的“自然目的”。

（2）变色蜥蜴从树叶向树枝移动时，其皮肤颜色自动地从翠绿色向暗灰色改变，这种改变过程的目的是力求避免被它的天敌发现。一颗橡树种子落入土中，按着它既成的方式发育，使它能长大而实现它成为橡树的“自然目的”。这些情况是未来的状况决定了和牵引着现在状态的发展，达到了“自然目的”。

（二）亚里士多德困境和缓解

什么叫“自然位置”、“自然目的”？这是难于回答的。

学科的发展，有助于缓解亚里士多德的困境——什么是过程的目的？由于人类有丰富的感情和复杂的意志，现将人类从生物分出，在下面，按无生物，生物及人类三个命题，论述因果关系中的目的因。

1. 无生物的过程目的

上面提到的“自然位置”、“自然目的”等概念在亚里士多德时代是较为神秘的；现在看来，所谓“自然”便是符合或遵循“自然规律”。19 世纪以来所发展的热力学，从大量的自然现象所总结的热力学第一及第二定律，获得用能量(E)作判据的下式：

$$dE \leqslant 0$$

式中,“ = ”表示平衡条件;“ < ”表示过程方向。因此,自然过程的方向是能量下降,自然过程的目的是使系统的能量下降。

面临“滚滚长江东逝水”,逝者如斯,真是“抽刀断水水更流”。

对于实际的大系统,有时由于时间或空间的限制,即时间太短,或区域局限,可达到“亚稳平衡”或“局部平衡”,使局部的能量为极小值。

1977 年普里高津获诺贝尔奖的“耗散结构理论”(theory of dissipasive structure)指出,通过系统与环境不断交换(或耗散)能量或物质,使原来的无序态保持有序的稳定,这种稳定也可称为“动态平衡”或更确切地称为“耗散平衡”,即这种平衡是靠“耗散”环境中的能量或物质来维持的。这种远离平衡的系统可以是物理的,化学的,生物的,甚至社会的。

很奇怪,为什么用能量作过程的判据?为什么用能量的变化作为过程的“目的因”?只能说,这是大量事实的归纳;归纳法具有局限性,所归纳的结论有无例外?只能说,没有发现。

2. 生物过程的目的

不知道为了什么,它们一切活动的最终目的,都是求生存:或者是延长自己的生命;或者是繁殖,传下自己的生命。在这里,达尔文的进化论——“生存竞争(struggle for existance),适者生存(survival to the fittest)”仍在起作用。为了生存,这是过程的目的;必须适应,即改变系统的结构(这是内因)或环境(这是外因),使之相互适应而继续生存。

为什么生物要求生存?只能说,这是生物的本性,为什么有这种本性?则口哑,无可回答。

3. 人的生命过程的目的

这是难以回答的人生哲学问题。在下面,只能就生命中某些过程提出一些问题或看法,供进一步探讨。

(1) 适者生存——人号称是“万物之灵”,但他或她毕竟是一种生物。“适者生存”这一条适用于生物的规律,同样适用于他们。经历过“文化大革命”的中国人,实践使他们更易理解这种人性,知道这种求生存的人生过程的目的:岁寒知松柏,其尖平树叶,也是为了适应岁寒;乱世明人性,绝大多数人的言行,都是为了求生存。

(2) 伦理道德——人之性善或性恶,历代争论不休。但经济是基础,它决定了上层建筑。为了适应“有中国特色的社会主义市场经济”体制,必须加强伦理道德教育,使人的生命目的,高于一般的动植物;并励行法治,惩恶扬善,并辅以经济手段。

(3) 规定目的——对于人间事,依据具体情况,规定目的。例如,对于材料、人才或系统,可分别提出对性能、才能或功能的要求,这些要求便是这些物、人或事的各种过程的目的。这些过程有制造或培育,使用和爱护,移动或流动,弃置或提升,等等。这种类比,便是“材料学方法论”广泛应用的理性基础。

(4) 分析(物)与(人-事)问题的差异,在于过程的目的因。对于自然界各种无生物过程,我们用“能量”来分析这些过程的目的因;材料是人所规定的“物”,人才是人所规定的“人”,因而在材料的生产过程及人才的培育过程中,却分别将“性能”及“才能”作为过程的目的因。材料在使用过程中,由于它们是无生物,经常用“能量”来分析过程的目的;但是,人才在使用过程中,由于他们是一类特殊的动物,他们有复杂的意志和丰富的

感情，他们是社会的成员，他们生命过程的目的，即过程的方向已如前述。

三、结语

（1）对于材料：

生产过程中，“性能”是目的，为了这个目的而调整：

设备→工艺→结构→性能

在使用过程中，“能量”是目的；能量对平衡“结构”及“过程”的失稳、速度、进度等起着决定性作用。

（2）对于“人”和“事”，对应的“才能”和“功能”是目的，也就是过程的方向。

（3）所有的“物”、“人”、“事”的变化过程都依据外因和内因关系；令 S，e 及 P 分别表示结构、环境及性能（才能或功能），则以前提到的两个基本方程都适用：

$$P=f(e,S)$$

$$S=\{E,R\}$$

式中，E 是组元的集合，R 是组元之间关系的集合。

第八节 结　　语

从上面七小节的论述可以看出“过程”在深入分析“因果关系”时的重要性：“因果关系”只是提出因与果；而“过程论”则应阐明如何从因到果。本节以材料的性能为例，进一步认识“过程论”。

（1）俗话说，事物的秘密，只有从它的形成过程去深入理解。

（2）过程可由若干子过程组成，这些子过程与电路相似，可串联或并联组成。

（3）“过程”是“环境”作用于“结构”所发生的变化，“能量”在这类自然过程中，起了控制的作用。本章第三节已指出：

过程方向是能量下降；

过程路线是阻力最小；

过程结果是适者生存。

（4）在私有财产制和政府存在的条件下，如图6－6所示，输入端除“物质”、“能量”之外，增加了“金钱”、“权势”、“情感”三项，正因为有这些区别，本章第六节“升落过程”指出，“电子”与“人子”行为有异。

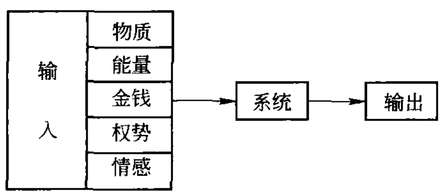


图6－6　系统的复合输入

从材料的定义：“材料是人类社会所能接受的、经济地制造有用器件的物质。”

可以看出：

（5）“制造”材料时，涉及到许多过程。

（6）“使用”材料时，也涉及到许多有关性能的过程。

（7）人才的才能和系统的功能，可借用处理材料性能的方法。

（8）“过程分析”又可称为“历史分析”，可与第九章将要讨论的“逻辑分析”及“系统分析”并称为“三个基础分析方法”。

（9）扩展思路。

1）广义性能。

我曾用 P_{ij} 表示材料的性能：

$$J = P_{ij} \cdot I$$

式中，I 及 J 分别是输入及输出量。例如：

在材料的弹性范围内：

$$\varepsilon = (1/E) \cdot \sigma$$

式中，σ、ε 及 E 分别是应力、应变及弹性模量。在电学中：

$$I = (1/R) \cdot V$$

式中，V、I 及 R 分别是电压、电流及电阻。

当 $i = j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ 及 7 时，P_{ij} 便是通称的力、声、热、光、电、磁及化学性能；当 $i \neq j$ 时，可将信息转换，如 P_{15}，可将力学信息转换为电学信息，这种材料可用于制造应变片；材料具有 P_{35} 性能，则可用于制造热电偶；20 世纪的材料学者寻找 $j = 5$ 的材料，便于制造自动控制的器件。

推而广之，令：

$$I = \sum i$$

$$J = \sum j$$

则可表示更多的性能；例如：

$P_{(3,1)(1)}$ 表示高温蠕变性能；

$P_{(7,1)(1)}$ 表示应力腐蚀性能。

2）人类社会现象的输入。

人类在生活与生存过程中，输入项除开自然环境中的物质（M）、能量（E）之外，又增加了权势（Q）、金钱（J）、情感（G）三个人文、社科因素；输出项（C）随人、随地而异（？）；这类问题的功能（N）分析便是求：

$$N = f(C, M, E, Q, J, G) \tag{6-9}$$

试以九言韵文总结：

宇宙人间正道是沧桑，
物能情意钱权输入忙；
交叉影响明暗潮流涌，
无漏无我无常寂静忘①。

注：① 佛教四法印：有漏皆苦，诸法无我，诸行无常，涅槃寂静。[15]

附录1　社会过程问题的探讨

在总结材料这类无生物的“过程论”时，我曾满意地用演绎、归纳及类比法分别证明或说明：

过程的方向是能量下降；
过程的路线是阻力最小；
过程的结果是适者生存。

无生物的材料为了舒适，他们的自然过程方向是“能量下降”；为什么有情感、有意志的人类这类生物却反其道而行，总是上爬或靠别人提拔，高升而升高能量？若到点退休或犯错误降位，一般情况下，爬得愈高，其势能与老百姓的差异(ΔE)愈大，若无特殊照顾，在正常情况下，则牢骚的频率(v)愈高(下式中 h 是普朗克常数)：

$$\Delta E = hv$$

现试用《材料学方法论》的思路，讨论相关的人文和社科的三个问题：

(1) 我国文化结构的初探；

(2) “一只看不见的手”的经济现象；

(3) 处理人事问题的三论。

一、我国文化结构的初探

文化结构是人群创造的,在他们的生活环境中创造和建立的。人们逐渐地建立和巩固它,使之具有一定的功能;这种结构是在历史的发展过程中形成的;在形成过程中,又有各种能量在平衡。既然文化现象也有功能、结构、环境、过程、能量五个组元,那么我们可借用《材料学方法论》的方法去初探我国的文化结构。

我国在社会大动乱的春秋战国时代,百花齐放,百家争鸣;有识之士都在寻求认识和改变世界的道理。秦汉大统一之后,分合乱治又是二千余年;1840 年鸦片战争以后,帝国主义企图灭亡或瓜分我国未成,但贼心仍不死;现在中华大统一在望,应建立什么样的中国文化结构? 160 年以来,围绕"全盘西化",与"中学为体,西学为用"之间,有过大争论;新中国 50 余年,特别是 1966 ~ 1976 的十年的"文化大革命",对中国的文化,有天翻地覆的争论和变化。现依据"三易原则":用"不易"的方法,"简易"地分析我国文化结构的"变易"。

(一) 功能

建设有中国特色的社会主义市场经济的目的,也就是建立这种经济体制的功能,要符合"三个有利于"的判据[14]p372:

"是否有利于发展社会主义社会的生产力,

是否有利于增强社会主义国家的综合国力,

是否有利于提高人民的生活水平。"

在国家仍然存在的当代,对于一切的时髦口号和文化动向,如"全球化","世界化","网络化"等,中国人首先要考虑中国和中国人民的利益,用上列"三个有利于"来判断这些事物。

（二）环境

对于国际环境，要注意一极独霸和多极并存的斗争；对于国内环境，要特别重视经济环境改变的影响。

文化结构是上层建筑，经济是基础：基础动摇了，上层结构要调整；基础摧毁了，上层结构要随之倒塌。按照这种逻辑，农业经济时代的文化遗产在工业经济时代应该完全无用？在信息经济时代更应是全部无用？在文化结构中，是否还有些根本的东西（式(6-10)中 E 与 R）未变？

应该指出，只要私有财产制仍然存在，不管是什么经济时代，追求个人利益的生物天性不会改变，这就使人的生活、学习、人生观和人际关系等的文化结构难于改变。

（三）结构和过程

令 S 表示系统的结构，E 及 R 分别表示系统中“组元的集合”及“组元之间关系的集合”，则依据 S 的普遍定义：

$$S=\{E,R\} \tag{6-10}$$

文化结构中的 E 及 R，在历史的演变过程中兴衰或融合。中国文化具有能融合其他文化的重要特点，所以能长期地保持中国特色发展；这也是中华民族能延续几千年的原因之一。

中国学者历来推崇兼蓄并容，例如：

“万物并育而不相害，道并行而不悖。小德川流，大德敦化，此天地之所以为大也。”——《中庸，十三经注疏》，p1634。

“学无新旧（今古），学无中外”——王国维

“百川学海而至于海；丘陵学山不至于山。”——杨雄《法言学行》

1992 年党的十三届七中全会概括了我国社会主义精神文

明的结构："坚持以马克思列宁主义、毛泽东思想为指导，继承和发扬祖国优秀文化遗产，借鉴和吸收世界上一切优秀文化成果，不断提高全民族的思想道德和科学文化素质，建设社会主义精神文明。"这进一步强调了我国文化传统的"兼蓄并容"思想。

最近十年，孔子又重新被尊为伟大的教育家。2000 年 11 月 14 日，我在哈尔滨工作后，详细地参观文庙，有感于儒学对东方文化的重大影响，择其优者而赞孔子：

大学之道明明德①；　学而时习实践论②
过犹不及赞适中③；　有教无类真平等。

周游列国枉疲奔，　五十学易智守贫。
发愤忘食不知老，　乐以忘忧天下闻④

注：①《大学》第一句；各个社会的"明德"可以不同。
②《论语》学而第 1. 1：习为实习，非朱熹所指的"温习"。
③《论语》先进第 11. 16。
④《论语》述而第 7. 19。

二、"一只看不见的手"——经济现象

"目的因"在分析人参与的"社会现象"时，却起了首要的作用。柯南道尔笔下的大侦探福尔摩斯以及无数的真实侦探，在侦破案件寻求各种事件的关系时，总是将犯罪的目的放在重要的地位。

英国著名的经济学家亚当·斯密（Adam Smith，1723 ~ 1790）所著的《国民财富的性质和原因的研究》（1776），严复意译为《原富》，现简称为《国富论》，书中对个人出于私利的行为如何产生公共利益的过程，进行了精辟的论述。在书中，他反复写到：

“追求自我利益的人常常被‘一只看不见的手’牵着走——最终促进了全社会的利益。”

《原富》强调自由竞争的制度：

“由于竞争，人们要改善自身状况的天生愿望就会变成有益于社会的力量。互相竞争的结果迫使商品的价格降到与生产成本一致的‘自然’水平。”

“经济上不加限制，任其自由竞争，就会增加财富。这是人性使然。”

“自私自利”不好听，叫它为“追求个人的利益”，这便是“一只看不见的手”，有力而有效地操纵市场经济的运行；市场经济是资本主义社会几百年来行之有效的增进效益的制度，但易于造成贫富差距太大、导致社会不公甚至腐败的问题。因此，我国采用“社会主义市场经济”适中地兼顾公正与效率。

三、处理人事问题的三论

在上面两节，我们依次地从我国的文化结构和控制经济现象的“一只看不见的手”，分别简述了控制社会过程的内因和经济动力。

21 世纪，我们希望人类将生活在和平发展时代。在过去 3 个世纪，西方文明强调“征服自然”、“掠夺享受”；但是，帝国主义时代将一去不复返，我们希望和平发展，受《易传》的启示，应该寻求简易的、不易的变易规律。下面便是处理人事的三论提纲。

（一）生态论

人类应不再妄图征服自然，应学会与地球共存共发展；不是同行相忌，要处理好竞争与协调关系。

“一个否定生存竞争这种天性的社会，必然要从外部遭到

毁灭(destroyed without);一个被这种天性统治的社会,必然要从内部遭到毁灭(destroyed within)。”——赫胥黎,《进化论与伦理学》(1894)

这种竞争与协调的关系不仅应适用于人与自然,也应适用于人与人之间的关系,这符合我国传统文化的要求!

(二)适中论

在和平发展时代,为了适,必需中。

我曾从如下三个方面的十个命题论证这个观点:

(1)人文。哲学——中庸,平衡;历史—人物评价。

(2)社科。政治运动;宣传导向;经济体制;收获递减律。

(3)科技。数学的极大及极小值;材料物理问题;系统工程的最优化;性能(才能,功能)过剩的危害。

(三)计算算计论

第一个“计”是“算法”,在正确算法的指导下,进行“计算”;然后在计算结果的基础上出“算计”,出“计划”、“计谋”等。

“多算胜,少算不胜,而况于无算乎?”——《孙子》第1.6章

针对中外时病——“错算与假算”,“数字出官,官出数字”,似可加14字:

“错算错,假算坏;有错必纠,有假必打。”

第七章　反馈与耗散结构

第一节　学术实践的慎思

一、合金钢的研究

20 世纪 50 到 60 年代,我研究不锈钢。首先,需要理解“不锈性”;此词译自英词“stainless”;“ – less”及“不”都有些绝对化,哪有“不锈”的钢? 查 1951 ~ 1954 年两卷的 Monypenny 经典著作《Stainless Iron and Steel》,书中引用一个发人深思而令我终身难忘的研究结果:在稀盐酸中,低碳钢的腐蚀速度反而低于含铬的低碳不锈钢。早已查明:含铬不锈钢的“不锈性”,来源于在氧化性介质中所形成的富铬的钝化膜。也就是说,这种腐蚀变化后的材料表面结构不再是不锈钢,而是钝化膜。

20 世纪 70 年代,我曾进行高碳(含碳约 1.2%)高锰(含锰约 12%)奥氏体耐磨钢的研究,这种钢固溶处理后很软,布氏硬度在170 ~ 210 范围内,使用过的、用这种钢制作的碎石机颚板及车轨叉道的表面布氏硬度可超过 500。而在表面下 20 mm 及 8 mm 处的布氏硬度只有 220。一般认为,在使用过程中,表面层形成大量的层错、ε 马氏体、细小亚晶等,导致这种硬化。也就是说,这种摩擦后的材料表面结构不再是软的奥氏体结构,而是复杂的加工硬化组织。

二、断裂机理的研究

20世纪80年代到90年代中期,我们集中力量研究断裂,特别是环境断裂机理,即化学环境(主要是水溶液)及外力协同作用下对材料的破坏。这种破坏有两方面机理:氢致开裂(hydrogen induced cracking,简称为HIC)和应力腐蚀开裂(stress corrosion cracking,简称为SCC);它们都涉及到断裂过程中局部化学环境和材料结构的变化,它们分别强调阴极释氢和阳极溶解的控制作用;简述如下:

(1) HIC——有两个重要问题需要回答:

1) 在中性水溶液(pH≈7)中,一般金属结构材料如Fe,Al,Ti等,为什么能放氢?

2) 所释放的氢,对金属材料的结构又有什么作用?

热力学计算和实验测定结果表明:在中性的3.5% NaCl水溶液中,裂纹尖端构成闭塞电池,其pH值降低到可以放氢:

材料	结构钢	铝合金	钛合金
pH值	4	3.5	2

所释放的氢在裂纹尖端区的富集及导致的形变、相变及化变,改变了材料裂纹尖端区的结构,促进了断裂。

(2) SCC——腐蚀对于应力有无影响?

实验测定,腐蚀可导致拉应力,叠加在外加载荷,促进了断裂。这两方面的大量研究结果表明,应力腐蚀过程既改变了局部的化学和力学环境,又改变了表面区的材料结构。

三、耗散结构理论的启示

材料在使用时,是一个开放系统,它与环境可以交换物质和

能量,形成远离平衡的结构;对于这种结构的稳定性,已超过经典热力学的适用范围,可用"耗散结构(dssipative structure)理论"来处理。这个理论是普里高津(Prigogine)于1970年在国际理论物理和生物学会议上提出的,能处理开放系统,可应用于物理、化学、生物、天文、地学、农业等领域,于1977年获诺贝尔奖。在他的新著《探索复杂性》讨论这种理论应用时,已将耗散结构泛指为:

"从环境输入能量或/和物质,使系统转变为新型的有序形态,叫做耗散结构。"

因为这种结构依靠不断地耗散能量或/和物质来维持,所以叫耗散结构;不仅开放系统可有这种结构,封闭系统与环境有能量交换,也可有这种结构。

材料在制造和使用过程中,都是开放系统,应用"耗散结构"这个新概念,可以解释许多已知现象,并启示新的思路。表7-1示出了一些材料的耗散结构实例,这都是无意产生、事后总结的。

表7-1 材料的耗散结构实例

序号	材 料	环 境	耗 散 结 构
1	高锰钢	力的摩擦	层错,ε马氏体
2	不锈钢	含氧的化学介质	钝化膜
3	相变诱生塑性钢	外力	相变结构
4	ZrO_2	外力	相变结构
5	发汗材料	热	蒸发汽
6	消振材料	声	消振结构
7	钢铁	水介质及外加电流	阴极保护结构

第二节　系统论中的反馈

“把系统的输出反过来送到输入端，从而对输出产生影响，这个过程叫做反馈。”

用反馈的概念去分析和处理问题的方法叫做反馈法。

反馈概念示于图7－1，它被广泛地用于机器、动物、经济、社会等各种系统的控制。这是一种简单而有效的控制方法，因为只是利用受控量的实际值与目标值的差异来进行控制，一方面，只考虑一个因素，另一方面，也不要去过问产生差异的原因是什么。

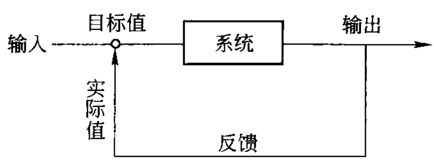


图7－1　反馈

例如，用热电偶的电动势来控制温度时，将实际温度的电动势加到自动平衡的惠斯顿电桥的电路中，若它与规定值有差异，电桥的电流失去平衡，迫使继电器工作，从而关闭或接通加热的电流。这是用电动势作为控制因素，是自动控制。

又例如，1788年瓦特发明的蒸汽机转速调节器，是利用离心力作为控制因素。当蒸汽输入量增大，从而使轮子转动加快，使绕垂直轴旋转的重锤转动加快，其离心力增加，使重锤上升，并带动一个阀门，把进汽管道关小，从而使进汽量减少，转速下降。通过相反的过程，使进汽阀门开大，从而增高转速。重复上

述过程,使转速趋于恒定,也是一个自动控制过程。

再例如,病菌侵入人体,健康人的人体必然会有白血球反馈,消灭病菌,恢复健康。教师讲课时,必须时时注意学生的表情,反馈到大脑进行处理,并调整讲课速度、方式等,使之达到预期的目标。

老鹰抓兔子的生物控制过程如图 7-2 所示。

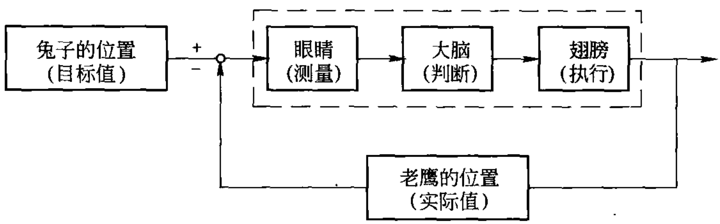


图 7-2 老鹰抓兔子的生物控制过程

老鹰在抓兔子的过程中,眼睛盯着兔子的位置,测量与它的差值,大脑进行判断,然后指挥翅膀,调整飞行方向、速度,使实际值与目标值的差值越来越小,当差值为零,兔子便被抓住了。

轧钢机自动调厚系统(图 7-3)与老鹰抓兔子的生物过程完全相似。

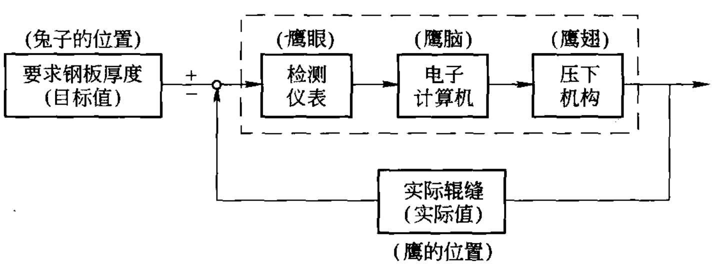


图 7-3 轧钢机自动调厚的控制过程

从上面列举的五类事例可以看出,反馈法的应用很广泛。

反馈可分为正反馈及负反馈两种。如果反馈增强了输入,叫做正反馈;反之,如果反馈减弱了输入,叫做负反馈。

第三节　人世间的"报"

材料是物,无情无义;人类却是有情有义,他们不少的社会活动却是有情有义,甚至有丰富的情义。俗话说:

"善有善报,恶有恶报;不是不报,时候未到;时候一到,一齐全报。"

世界文学名著中,有不少关于"报"的小说,例如:

法国大仲马:《基督山伯爵记》

英国爱密勒布朗:《呼啸山庄》

对人间恩仇报应写得淋漓尽致,使读者的印象极为深刻!

胡锦涛主席 2005 年 2 月 19 日"在省部级主要领导干部提高构建社会主义和谐社会能力专题研讨班上的讲话"指出:

"党的十一届三中全会以后,以邓小平为核心的第二代中央领导集体,深刻总结新中国成立以来正反两方面的经验,断然抛弃以'以阶级斗争为纲'的错误方针,果断地把党和国家的工作重点转移到社会主义现代化建设上来,坚定不移地实行改革开放,开辟了建设中国特色社会主义的新道路。"

这种号召将反馈到建设中国特色社会主义的新道路!

第八章　进化论的启示

英国生物学家托·亨·赫胥黎所著的《进化论与伦理学》[13]pi~61于1894年出版；著者旨在大力宣传达尔文主义。我多次阅读和运用，有所理悟。

本章学、选该书的第Ⅰ部分，列于表8-1，陈述体会。本章15节，依次论述这15点体会。

表8-1　进化论的启示15条

序号	本书页码	标　题
1	89	中庸之道长生命，
2	90	人类历史何短程？
3	91	生存竞争适者存，
4	91	综述未寻变化因。
5	91	繁殖选择又斗争，
6	92	宇宙园艺各调整。
7	93	讨回宇宙遗弃物，
8	93	为尽所能蜂蚁群。
9	94	贪生贪得人本性，
10	94	羞耻迫使弱者尽。
11	95	己所不欲勿施人，
12	95	自私自利灭弱群。

续表 8-1

序号	本书页码	标　题
13	96	材料变化四因寻，
14	96	宇宙属性不稳定。
15	97	高尚工作待终了，离世未欠人世情*！

注：*为著者添加。

第一节　中庸之道长生命

“如果没有从被宇宙过程操纵的、我们祖先那里遗传下来的天性，我们将束手无策；一个否定这种天性的社会，必然要从外部遭到毁灭。如果这种天性过多，我们将更是束手无策；一个被这种天性统治的社会，必然要从内部遭到毁灭。”

“这种‘自我肯定’（self-assertion），是指一种为了求生存而个人奋斗，独断专行，甚至损人利己的行为；它和‘自我约束’之间适合于它的气质和环境条件的中庸之道，这种需要就是人生这个戏剧中的动因。”

通俗地说，“自我肯定”就是“自私自利”，没有它，社会不能前进，这个社会必将从外部遭到毁灭；反之，过分地自私自利，过分的内斗内争，社会内相互斗争激烈，这个社会必然要从内部遭到毁灭！

我国古代所宣扬的“天下为公”是需要很大很久的努力，才能达到的：

“大道之行也，天下为公。选贤与能，讲信修睦。故人不独亲其亲，不独子其子，使老有所终，壮有所用，幼有所长，矜寡孤

独废疾者，皆有所养。……是谓大同。”

“今大道既隐，天下为家。各亲其亲，各子其子，货力为己……礼义以为纪，以正君臣，以笃父子，以睦兄弟，以和夫妇，以设制度，以立田里，以贤勇知，以功为己，故谋用是作，而兵由此起。……是谓小康。”

人类的“自私自利”天性难改。英国著名的经济学家亚当·斯密所著的《国民财富的性质和原因的研究》(1776)，严复译为《原富论》，他在书中对个人由于私利的行为如何产生公共利益的过程，进行了精辟的论述。在书中，他反复强调自由竞争的制度[15]p442。

第二节 人类历史何短程

“用通常的时间标准来衡量，本地的植被，就像它所覆盖的‘永恒的小山’，似乎是一种不变的类型。今天，某些地方繁生的小黄芩，就是那些史前时代到处遗弃燧石工具的野人所践踏过的小黄芩的后代；倘若追溯至远古，它们的祖先在冰川时期的气候条件下可能比现在更为茂盛。与这种下等植物漫长的过去相比，文明人类的全部历史只不过是一个插曲而已。”[13]p2

矿物、植物、动物、人类，经历各式各样的过程，这些过程的速度有很大的差异，其感受又随人而异。同样时间的快慢，志士和怨女的感受就是不一样。

第三节　生存竞争适者存

“在生物界，这种宇宙过程的最大特点之一就是生存斗争，每一物种和其他所有物种的相互竞争，其结果就是选择。这就是说。那些生存下来的生命类型，总的说来，都是最适应于在任何一时期所存在环境条件的。因此，在这方面，也仅仅在这方面，它们是最适者。”[13]p3

这也是俗称的：

“生存竞争，适者生存。”

在宇宙发展过程中，丘岗上植被发展到顶峰是有杂草和金雀花的草皮，人间的商界巨富更替，政界的领导上下，学界的名人出没，都是遵循这个规律的。

第四节　综述未寻变化因

“但需切记，进化不是对宇宙过程的解释，而仅仅是对该过程的方法和结果的综述。”[13]p4

人们还不知道是什么动力推动“进化”；但是，能够综述进化过程的方法和结果，对我们思考问题，就有帮助。

第五节　繁殖选择又斗争

“所有的植物和动物都显示出变易的趋向，变易的原因尚

需考察;在特定的时间内,生活条件的趋向,当有利于最适应的变易的生存时,就不利于其余的变易的生存,从而发生选择;所有的生物都趋向于无限制地进行繁殖,而维持生命的手段却是有限的;其明显的原因是由于后代的数目总要比其祖先的大得多。但这些后代和其祖先在生命统计学上可预期具有同样长的寿命。”[19]p5

自然界存在三种趋向:繁殖,选择,生存斗争。

第六节　宇宙园艺各调整

人类面临两种过程:宇宙过程和园艺过程。前者是自然的,后者是人为的:前者威力无限,后者只是多事人的短期行为。

一、园艺过程[19]p6~7

“那一块土地与其他土地被一堵墙所隔绝;在这样保护下的地面上,把原来的植被尽可能地加以根除;同时把一群外地植物移植过来,以代替原有的植被。简单地说,就是把这块地变成了一个园地。现在,这一块经过人工处理的地面,与墙外停留在自然状态的大片土地相比,呈现出一种非常不同的景象。……上述由人类在自然状态中所创造的‘人为状态’,是由人来维持,并且依靠人来照料的。”

二、宇宙过程[19]p7~8

“这些墙壁和门户是会朽坏的;四脚动物和两脚动物的入侵者会吞食并蹂躏那些有用而美丽的植物,禽鸟、昆虫、枯萎病和酶等会各行其虐;本地植物的种子,通过风或其他媒介,会移

植进来，而且，这些讨厌的本地杂草靠着它们长期获得的对于当地条件的特殊适应，会很快地挤掉精选的外来竞争者。一两个世纪过后，除了墙脚及温室和棚架的基地以外，留存下来的东西就很少很少了。由此可以证明，在自然状态中发生的宇宙威力战胜了园艺家的技艺给它的至高权威造成的暂时阻碍。”

第七节　讨回宇宙遗弃物

“每阵微风都会把桥弄坏一些，每次潮汐都会把桥基削弱一些，每次温度的变化都会把桥梁各部分的衔接改动一些，产生摩擦并由此造成损耗。……大自然常常有这样一种倾向，就是讨回她的儿子——人——从她那儿借去而加以安排结合的、那些不为普遍的宇宙过程所赞同的东西。”[19]p9

“宇宙过程的倾向是调整植物生命类型以适应现时的条件。园艺过程的倾向是调整条件来满足园丁所希望培育的植物生命类型的需要。”[19]p10

第八节　为尽所能蜂蚁群

社会组织不是人类所独有的。像蜜蜂和蚂蚁所组成的其他类型的社会组织。它们的社会组织也是由于在生存斗争中能够得到通力合作的好处而出现的。它们的社会组织和人类社会的相似点和差异，同样对我们很有启发。

“在蜂群组成的社会中，实现了‘各尽所能、按需分配’这种共产主义格言的理想。”[19]p17

在这社会内,生存斗争是受到严格限制的。蜂后、雄蜂和工蜂都享有分配给自己的充足食料;个个都在完成蜂群经济分工中所担负的任务,并在同外界自然态中采集花蜜和花粉的竞争者及其他敌人的竞争中,为整个合作的社会的成就做出贡献。

工蜂为了仅够维持生存的报酬而毕生不断地辛勤劳动,这是无法用利己主义或其他任何一种利他主义的动机来衡量的。

第九节 贪生贪得人本性

"蜜蜂的社会和人类社会之间有着巨大的、根本的差别。在蜜蜂的社会中,各成员在器官构造上就注定了只能执行一种特殊的任务。……与此相反,人们的天资虽然差别很大,但有一点是一致的,那就是他们都有贪图享乐和逃避生活上的痛苦的天赋欲望。简单说来,就是只愿做他们所喜欢的工作,而丝毫不去考虑他们所在社会的福利。这是从他们的漫长的一系列祖先——人类、猿类和禽兽那里继承来的天性,……这也就是所有人类的贪生——对享乐的贪得无厌的渴求——的原因,它是在与外界自然状态的斗争中取胜的基本条件之一,但是,如果任其在内部自由发展,也就成了破坏社会的必然因素。"[19]p19

第十节 羞耻迫使弱者尽

"传统的荣誉感约束着一些破坏法律、道德和宗教束缚的人们;人们宁可忍受肉体上的极大痛苦,也不愿与生命告别,而

羞耻心却驱使最懦弱者去自杀。”[19]p20

第十一节　己所不欲勿施人

“具有各种信仰的各个时代的道德家，只注意到理想社会中的人与人的关系，都一致同意‘己所不欲，勿施于人’这个金科玉律。”[19]p22

应该指出，这个金科玉律要慎于运用，在下列一些情况，是不适用的：

（1）由于拒绝对法律破坏者实施法律，就会否定了法律；

（2）在一个社会的外部关系方面，它就是不允许继续进行生存斗争；

（3）如果园丁处在杂草、蛞蝓、鸟和入侵者的地位而像他希望别人对待他自己那样，去对待这些东西，那么园地将会变成什么样子呢？

第十二节　自私自利灭弱群

“有这么一些人，他们习惯于图谋主动或被动地灭绝人们当中的弱者、不幸者和多余者，他们为自己的这种行为辩护，自称这是由宇宙过程所批准的，是保证种族进步的唯一途径；假如他们坚持下去的话，必然会把医学列入妖术中，而且把医生看作是不适宜生存的人的恶意保护者。”[19]p25

这种人多么可怕，幸而人数稀少！

第十三节　材料变化四因寻

“在每个复杂的结构中，就像在它们最微小的组成部分中一样，都具有一种内在的能量，协同在所有其他部分中的这种能量，不停地工作来维持其整体的生命，并有效地实现其在自然界体系中所应起的作用。经过如此巧夺天工建立起来的大厦一旦全部完成，它就开始倒塌。”[19]p33

这条语录指出：

(1) 材料变化的四因素。结构，能量，工作(过程)，作用(性能)。

(2) 大厦一旦全部完成，它就开始倒塌。

第十四节　宇宙属性不稳定

“宇宙的最明显属性就是它的不稳定性。它所表现的面貌与其说是永恒的实体，不如说是变化的过程，在这过程中除了能量的流动和渗透于宇宙的合理秩序之外，没有什么东西是持续不变的。”[19]p35

没有想到，也很高兴，1980年我在仪表学会的书面发言“合金的能量与过程”[20]与上面的论述不谋而合，这个思路也是我写作《合金能量学》[11]的基础。

第十五节　高尚工作待终了，离世未欠人世情

赫胥黎在全书结尾时，引了英国丁尼生写的诗：

“也许旋涡将把我们冲刷下去，
也许我们将到达幸福的岛屿，
……但在到达终点之前还有些事情，
一些高尚的工作尚有待完成。”

译成易念的七言：

旋涡冲刷难预见，
到达幸福可实行；
高尚工作待终了，
离世未欠人世情！

最后一句是著者添加的，组成七言四句。

附录 1　达尔文的失策[21]

达尔文（Charles Robert Darwen，1809～1882）1831～1836 年以博物家身份，随海军勘探船贝格尔（Beagle）环球旅行。归后，研究生物进化。1859 年出版《物种起源》，轰动一时；至 1872 年，已再版六次。恩格斯将达尔文的进化理论，能量转换与守恒定理和细胞学说称为 19 世纪三大发明。

达尔文日记叙述他 19 世纪 30 年代周游世界所发现的、一个非洲原始部落的实事：

（1）住在山洞或在树上所搭的巢；

（2）吃的是野果禽兽；

（3）过着茹毛饮血的原始生活。

人际关系的“怪事”：

（1）将老妇赶进深山老林，让她们自然饿死；

（2）没有食物时，将婴儿或小孩分而食之。

为什么要这样做？他们部落首领的“文化”认为：

（1）妇女的任务就是生小孩子。

（2）生下来的孩子有两种用途：一是留下来延续种族的生命；二是供我们缺食的时候当粮食。

（3）妇女老了，不能生育了，留她们有什么用？我们不吃掉她们就已经很宽容了。

（4）在饥饿没食物的时候，我们只有吃小孩，不吃小孩我们吃什么呢？

达尔文的失败实验：

用高价买下一个当地的男婴，带回英国，用现代都市的教育方式，16 年后，使他变成“现代文明青年”，托人带回家乡。一年后，达尔文旧地重游，大惊地发现：这个现代文明青年不仅不能改造原始部落社会，反而被吃掉了！部落首领答曰：

“我们把他吃了！他什么都不懂，什么都不会做，我们留他有什么用？”

达尔文无话可说。

随后，达尔文写在他日记的认识：

“一个人的愿望和他所希望得到的结果并不成正比。一个种族遗留下来的疑难问题，决不是依靠一个或几个‘文明人’就可以解决的，从野蛮进化到文明，这其中有一个痛苦而又漫长的过程，欲速则不达。社会上每个人都应当适应自己周边的生活环境，否则，他哪怕再高明，终将被淘汰。适者才能生存啊！”

附录2　20世纪人类的冷漠杂记

一、冷漠是一种罪恶[22]

20世纪的一个悲惨故事：

北京某国企的一对下岗的夫妇，家中一贫如洗，妻子怀孕快要生产，不敢到收费昂贵的大医院去。丈夫借来一辆板车，拉着妻子去附近的一所兽医院找熟人接生。没有想到妻子又是难产，兽医不敢处理，劝他们立刻到大医院，否则大人孩子都有生命危险。

丈夫咬着牙齿，蹬着平板车一路疾驰，妻子在车上痛苦地呻吟着。当平板车来到一个繁华路口时，警察拦住了他们。原来，这条街道是国宾道，不允许人力车经过。警察执行公务一点也不含糊，虽然那时并没有尊贵的国宾的车队通行，但他依然坚持不放行。孕妇的呻吟和鲜血，警察却充耳不闻。丈夫哀哭着向他下跪，这名警察仍然"刚直不阿"。

没有办法，丈夫只好蹬着车绕道前往医院。中途耽误了半小时，到达医院时，大人和孩子都已经失去了抢救的时机，双双死亡。

晚上，悲痛万分的丈夫一个人在破旧的家里上吊自尽了。

我们无法忘怀那个产妇和婴儿悲惨的死亡，他们的生命会融入历史上无数的无辜的冤魂的行列。

惨剧的罪魁祸首是冷漠！"一只看不见的手"——追求个人的利益，在各处都在起作用。

二、杂记

在德国,集中营已经成为纪念馆,成为民族记忆中一道永恒疤痕;这需要很大的勇气!

在30年代,当意大利法西斯政权要求教授们向法西斯主义宣誓,保证教育学生成为法西斯意大利忠实成员时,在3000多名教授中,只有大约0.5%的人拒绝宣誓。这种人又是这样的稀少!

附录3 “食人部落”为先辈行为道歉

巴布亚新几内亚的一个部落,为祖先百余年吃掉卫理公会的传教士道歉。

1878年,四名来自斐济的传教士到新不列颠岛传教,在那里,他们被当地部落的人杀害烹食。

这四名斐济人受乔治·布朗的领导,乔治·布朗是一名富有冒险精神的卫理公会教徒,他出生于英格兰,但是,一生中的大部分时间都在南太平洋岛屿传教。

该部落的数千成员参加了在拉包尔附近举行的道歉仪式。部落首领为先辈的吃人“嗜好”向斐济驻巴布亚新几内亚高级专员道歉。

食人风气曾经遍及南太平洋的很多地区,历史上有数十名传教士被敌对的岛民杀害。

——《参考消息》2007年8月18日

第九章　两个基础方法简介

我在构建《材料学的方法论》[4]时，选择“逻辑分析”和“系统分析”为两种“基础方法”；依据本书的要求和著者从事材料学人才培养工作的实践，将本章分两节，以“材料”和“人才”为例，论述这两种基础方法。

第一节　逻辑分析[4]p52～120

逻辑分析一般包含概念、判断和推理三部分，本章只讨论确定概念的“定义”和富于创新的“类比交叉”。

一、定义

英词“Definition”译为“定义”，就是要确“定”概念的意“义”。概念、判断和推理是逻辑中的三种基本思维形式；依据概念的内涵进行判断，由若干判断组成推理；因此，确定概念的内涵的定义，是十分重要的。

1980年，我任材料物理教授已23年，有一天，学生善意地问我：“肖老师，什么是材料？”当时，我不能用简洁的语言，即不能用确切的材料定义来回答，我承诺一周后提供一个确切的材料定义。随后这个定义便用于我的电视广播教学[23]和学术著作[4,5]中。

2006年2月谢锡善教授赠送一本2005年出版的美国科学院的国家研究委员会编著的《Globalization of Materials R&D》[24]中的第12页,对“什么是材料?”提出有根据的三个论点,先简介如下:

(1) 材料科学与工程(MSE)的本质。

“MSE的本质来源于互相交错的各个方面;因此,这个领域的任何定义都必须反映与材料有关的所有丰富而广阔的活动。” …………………………………………………… (9.1)

(2) 简单的定义。

“材料是可用于制造器皿、结构的原料(stuff)。” … (9.2)

(3) 较详尽的定义。

“材料是具有结构、光、磁、电的用途的物质(matter)。” …………………………………………………… (9.3)

“Material is a matter when that form of matter has structural, optical magnetic, or electric use.” ………………………… (9.4)

我终身士而不仕,在材料界第一线从事生产、教学和科研工作,教学的需要,迫使我提出材料的定义。构思时,我首先想起我国古代学人创制象形汉字的智慧。

从《说文解字》[9]可知汉字“才、材、财、豺”造形之源:

人:“天地之性最贵者也。——文象臂胫之形,凡人之属,皆从人。”

才(古汉字,“才”、“材”通用):“草木之初也。从丨,上贯一,将生枝叶,一地也。”

材:“梃也。”“梃——劲直”(《辞源》)。劲直之“木”方能成“材”。

财:“人所宝也,从贝。”才能(《辞源》)。古代用贝壳作货币。

豺："狼属狗声，形似犬而残猛如狼，俗名豺狗。"

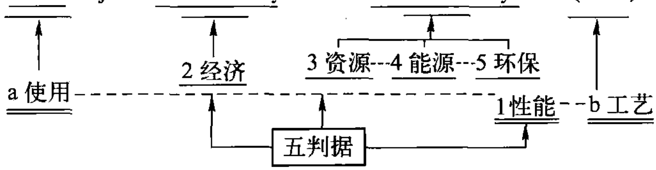
才属人；材属木；贝属货币；豺属野兽。上四字均含"才"，只有人才要求德才兼备；上四者均为"属"中能者！因此，定义材料，必须首先考虑"性能"。

我于1980年提出如下的材料的定义：

"材料是能为人类社会经济地制造有用器材（或物品）的物质"……………………………………………（9.5）

为了便于比较，将（9.5）译为仿（9.4）的英文：

"Material is a matter when that form of matter can be manufactured into useful objects economically for the human society" …（9.6）



逻辑学中有真实、发生、关系、因果、语词几种定义方法[25]p41~53：

"定义是揭示概念内涵的逻辑方法。"

"真实定义就是揭示事物的特有属性的方法。"

"真实定义就是属加种差的定义。"

依据"种差"，即所定义的"种"与"属"中其他种之间的"差"异，来揭示事物的特有属性，便是用"种差"来"判"断事物的依"据"，即"判据"。例如：

"人类是能制造和使用生产工具的动物。"

其中："动物"是"属"；前面的定语便是"种差"。人类、猴、狗、马……都是动物，只有人类这种动物，"能制造和使用生产工具"，这便是"判断"动物是否"人类"的依据。

从材料的定义（9.5）可导出现代材料的五个判据：

（1）制造有用器材（或物品）——→工艺和使用性能；

（2）经济地————————————→经济；

（3）（4）（5）能为人类社会———→资源，能源，环保。

从人类社会的发展来看：

（1）“性能”是材料的永恒判据。

（2）私有财产制出现后，才增加“经济”。

合并（1）与（2），便是俗称的“物美价廉”。

（3）现代的人类社会，还需要增加资源、能源、环保三个战略性判据。

回顾文献[24]引用的对“材料定义”的三种看法（参见引语（9.1）、（9.2）、（9.3）），可看出这些看法的局限性：

（1）只提出“材料定义”的要求；

（2）只提出“材料定义”中对“性能”的要求，确是太“简单”；

（3）所谓“较详尽的定义”，也只提四种使用性能，难于推而广之。

“中国人才是能为中国社会高效地做出有用贡献的知识分子。”…（9.7）

（--德—）（———-才———）（--属--）

快＊省　好＊多

“中国人才”“属”于“知识分子”，很难想象、也不可思议“无知的人”能成为中国人才。什么叫知识分子？

“通过不同渠道，真正掌握知识的人，叫知识分子。”

（9.7）中“知识分子”前那个定语便是“种差”；这是一个“德才兼备”的定义：

德——为中国社会；

才——高效地做出有用贡献。

这个定义不限国籍、不限学位；要求真才实学，为中国社会！

二、推理

（一）方法

表9－1从推理方式、结论的可靠性和创造性三个方面，比较了三种推理方法。在教学上，一般采用演绎法，如在几何学、热力学、统计物理、量子力学等的教学过程中。但是，推理的前提都是从归纳法获得的，例如几何学的公理，热力学三定律，统计物理中质量守恒、能量守恒，量子力学的薛定谔方程等。门德列夫周期表是用归纳法建立的，在化学和物理学中应用它，可演绎地说明大量问题。类比法在科学家发现科学规律的过程中，可起重要作用。

表9－1　三种推理方法

方　法	方　式	结　论	创造性
演绎	一般→特殊	必然	发展发现
归纳	特殊→一般	或然	发现
类比	一般→一般 特殊→特殊	或然	发现

（二）类比

类比法是一种归纳的推理方法[4]p225：

“我们观察到两个或两类事物在许多属性上都相同，便推出它们在其他属性上也相同。这就是类比法。”

本文采用含义更广的类比：

“对比两类事物，从它们的属性，特别是内部关系的属性

(即结构)的相同或相似,获得借鉴的思考方法,叫做类比。"

在下面,示例地提出一些类比法的应用。

1. 勇敢的类比

在物理学史中,1924年德布洛伊(de Broglie)曾作了一个非常勇敢的类比。当时,人们只知道物质是粒子性的,他用类比法提出电子具有粒子性及波动性的双象性,他的推理类似于古希腊人的方法,可归结如下[4]p100:

"自然爱好对称,

因此,物质与能量必须互相对称。

若(辐射)能是波动的和/或粒子的(?),

那么,物质必须是粒子的和/或波动的(?)。"

这个假说导致1926年薛定谔(Schrödinger)提出物质的波动方程,由于随后Born、Heisenberg、Dirac等人的补充,发展成为今天的量子力学。在实验上,Davidson-Germer于1927年发现了电子波的存在。若m及e分别是电子的质量及电荷,U为电压,v为电子速度,则

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{eU}{300} \tag{9-1}$$

$$p = mv = \sqrt{\frac{2meU}{300}} \tag{9-2}$$

令λ为电子波的波长,而h为普朗克常数,则:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \tag{9-3}$$

将式(9-2)及m、e、h值代入上式,化简得到:

$$\lambda = \frac{1.224}{\sqrt{U}}(\text{nm}) \tag{9-4}$$

Davidson-Germer用镍的单晶体进行实验,$U = 54$ V,

$$\lambda = \frac{1.224}{\sqrt{54}} = 0.167(\text{nm})$$

在入射角 $\theta = 54°$时，晶面距为 0.215 nm 的晶面出现衍射峰，代入布拉格公式：

$$n\lambda = 2d\sin\theta \qquad (9-5)$$

求得：　$\lambda = 0.165(\text{nm})$

这个实验值(0.165)与上述的计算值(0.167)符合，因而证实了电子波的存在。

应该指出，德布洛伊勇敢的类比，所诱发的量子力学和电子显微术，对于现代自然科学的发展，起了重要的作用。

2. 物理学中其他的重要发现

除了上述的德布洛伊的勇敢类比外，还有不少重要的概念和规律的提出，也广泛地采用了类比法：

（1）牛顿 1666 年在乡间避伦敦瘟疫期间，据说，他忽然看到苹果落地，联想到天上月亮的运动，提出万有引力概念，并巧妙地证明离心力公式及开普勒第三定律。那时，牛顿仅24 岁。

（2）R. Mayer(1814～1878)、J. P. Joule(1818～1889)及 H. Helmholts(1821～1894)在类比和综合各种物理现象的基础上，分别于 1842 年、1841 年及 1847 年提出能量转化和守恒的论文，开始或被拒绝接受或不被重视，终于成为 19 世纪中叶最重要的发现——能量守恒定律，并成为全部自然科学的一块基石。

（3）1824 年 S. 卡诺(1796～1832)类比水的落差和温度差，提出“关于热的动力思考”，但论文遗稿于 1878 年才交给法国科学院。R. 克劳修斯(1822～1888)从热的动力于 1854 年提

出热力学第二定律,1865 年提出“entropy”,1923 年 5 月 23 日胡刚复给普朗克在南京东南大学讲学时,将 entropy 译为“熵”。

(4) 1856 年 J. C. 麦克斯威(1831 ~ 1879)25 岁时,类比法拉第力线概念,讨论电磁场;1862 年 31 岁时及 1865 年 34 岁时,发表了两篇论文,贯穿了电、磁和力,建立了以场为基本参量的电磁场动力学理论。

(5) 1845 年法拉第发现磁致旋光效应。麦克斯威的第二个重大贡献是,1868 年 37 岁时,类比和综合了光与电磁,提出光的电磁理论。

(6) 1900 年普朗克(1858 ~ 1947)进行黑体辐射的研究所发表的、类比热与光的论文,提出有名的辐射能量 ε 与辐射波频率 γ 之间关系的公式:

$$\varepsilon = h\gamma$$

式中,系数 h 已被命名为普朗克常数。

(7) 1905 年爱因斯坦(1879 ~ 1955)26 岁时,从黑体辐射、光电效应、紫外线产生阴极射线三方面实验结果,类比和综合了电、光热现象,提出光量子假说,复活了光的微粒说。

(8) 1924 年德布洛伊(1892 ~ 1987)32 岁时,类比物质与辐射,勇敢地提出物质波。

(9) 1926 年薛定谔(1887 ~ 1961)41 岁时,发展了图 9 - 1 中①的类比,从波动光学(Ⅱ)与波动力学(Ⅳ)的物理相似③,实现了由(Ⅱ)向(Ⅳ)的过渡③。

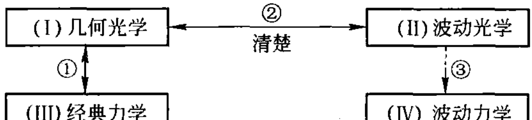


图 9 - 1 学科的类比

第二节　系统分析[13]p128～184

一、系统的定义

在科学与工程中，对于系统（system）却有不同的定义。例如，在物理化学或统计力学中：

“研究的对象叫做系统，宇宙中系统以外的部分叫做环境。” ……………………………………………………… (9.8)

若系统、环境及宇宙分别用 s、e 及 u 表示，则：

$$u = s + e \tag{9-6}$$

在系统工程的专著或教科书中，系统定义的内涵较(9.8)为多。例如，系统论的创始人贝塔朗菲给出了如下的定义：

“系统是由相互联系的组元组成的、与环境发生关系的总体。” ……………………………………………………… (9.9)

其中，“相互联系的组元”便是“结构”；因此，(9.9)强调了“结构”和“环境”。又例如，钱学森从控制论角度，强调了系统的功能：

“系统是由相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体。” ………………………………… (9.10)

其中，系统的功能类似于材料的性能。材料学的先驱——金属学，很早就将“结构和性能”作为主要的研究内容。

综合系统工程的论著中十余个关于系统的定义，可以得到：

“系统是由两个或两个以上相互联系和作用的、物理的或抽象的组元所构成的综合体，它是为了完成一个统一的目的而组合的，其功能是接受信息、能量或物质，并按时间的程序而产生信息、能量或物质。” ………………………………… (9.11)

比较(9.8)及(9.11)可以看出,后者的内涵较多,包括了关于组元、目的、功能、时间的程序等的规定,依据内涵和外延的反变关系,则定义(9.11)的系统外延较少:组元间没有交互作用的理想气体不是系统;没有能量、物质、信息的孤立系统不是系统;没有统一目的或时间程序的,不是系统。

在以后的不同场合,将采用(9.8)至(9.11)。若接受系统工程中关于系统的定义(9.11),则系统具有如下几点特性:

(1) 目的性——由于系统要完成规定的目的,因而系统都具有一定的功能。

(2) 结构性——由于系统的组元之间是相互联系和相互作用的,因而系统内部是由各组元构成一定的结构。

(3) 环境适应性——除非是隔绝系统,否则,系统与环境之间都有输入及输出的关系,因此,必须重视环境对系统的影响。

(4) 整体性——为了系统的功能,特别是系统的最优化功能,必须从系统的整体来考虑。有些系统中的每一个组元并不很完善,但由于结构较好,可以综合成为具有良好功能的系统。反之,另一些系统中的组元虽是良好的,但由于结构欠佳,系统的整体功能仍是不好的。

二、系统的举例

(一) 线型系统

绝大部分的系统内部都有结构,环境对系统有所输入,则系统就有对应的输出。将材料作为一个系统来研究,其内部有不同层次的结构,如图9-2所示,输入各种外界条件,则材料

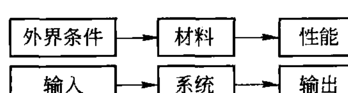


图9-2 外界条件与性能的关系

表现出各种性能,这是输出。

这是一个执行系统,也是一个静态系统、实体系统、人工系统。

(二) 反馈系统

为了构成控制系统,一般是利用反馈的作用,把系统的输出反过来送到输入端,对输入产生影响,这个过程叫做反馈。反馈可分为负反馈及正反馈两种:若反馈起到增强输入的作用,则叫做正反馈;若反馈起到减弱输入的作用,则叫做负反馈。在控制系统中,一般都是利用负反馈,反复降低控制点与输出点的偏差,使系统的输出趋于稳定。这种系统如图 9－3 所示。

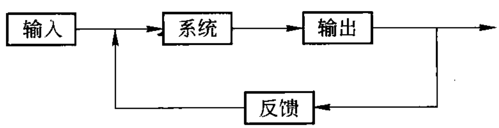


图 9－3　反馈系统

这种系统举例如下。

1. 人

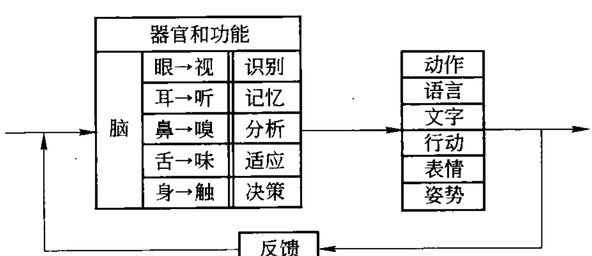


图 9－4　人的反馈系统

2. 计算机

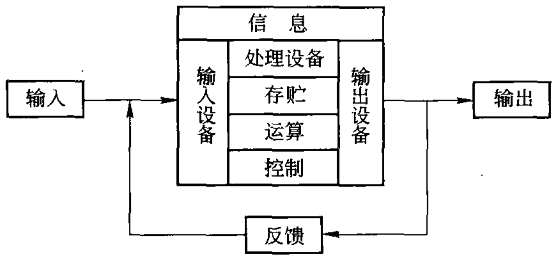


图 9－5　计算机的反馈系统

3. 管理系统

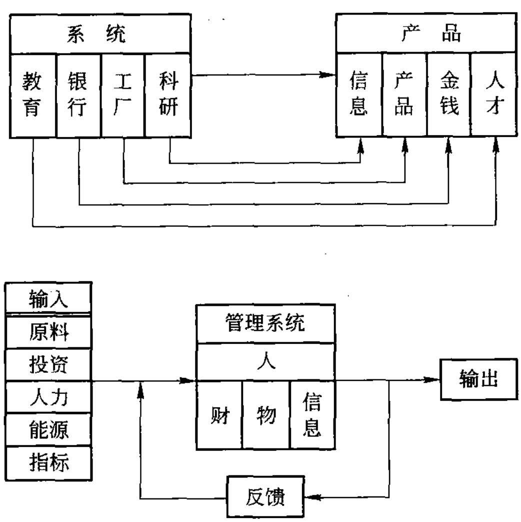


图 9－6　管理系统的反馈系统

三、系统分析方法

（一）四大步

系统分析包括下列的四大步：

（1）系统目的的分析和确定——这是系统分析的基础，为模型化取得必需的信息。

（2）模型化——建立不同模型，进行比较。

（3）最优化——运用最优化理论，求几个替换解。

（4）系统评价——依据限制条件，决定最优解。

这四步之间的关系示于图9－7。

从图9－7可以看出，若系统分析也包括其“先行”和“后续”步骤，则系统分析（广义的）包括了系统工程的全部内容，即二者是同义词。

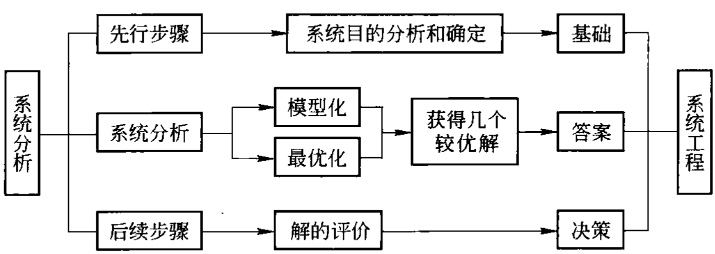


图9－7　系统分析中各部分之间的关系

考虑到系统特性，图9－8示出系统分析方法的特征，图中还以“材料”作为特定系统，进行对比。从图中还可以看出，我们可以借用系统分析方法来研究“材料”这个特殊系统。

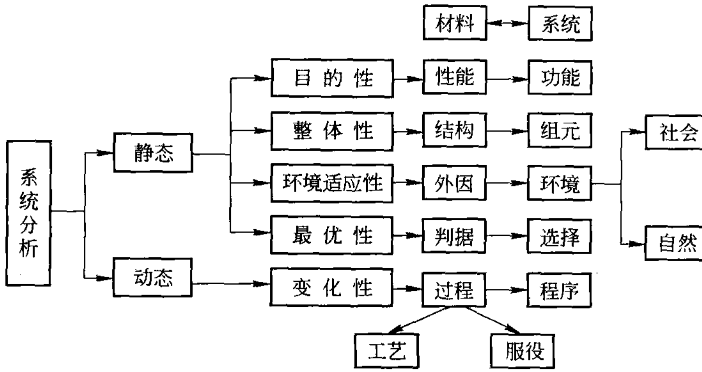


图9-8 系统分析方法的特征

现代的人类已广泛地应用系统分析的方法，去处理各种问题，这是由于下述三个原因引起的：

(1) 系统分析可以进行创造性思维，是一种有效的研究工具。它有助于：

1) 发现问题——可发现遗忘的因素，例如，制备环境因素核校表、输入输出分析表、系统属性表等，可以帮助发现问题。

2) 阐述问题——利用图表，可以清晰地陈述问题，并阐明系统内各组元之间的关系。

3) 分析问题——对于整个系统，可以全面地分析，不会只见树木而不见森林。

(2) 系统分析是技术开发的重要途径——对人类有用的科学技术，绝大多数是在18世纪到20世纪中叶完成的，目前，由于人们的生活多样化，简单的发明，对人类社会不会有很大的影响。过去是先把技术开发出来，再考虑用途；现在是先确定目的，然后依据系统分析，确定需要开发的科学技术，集中人力与资金，定时地去达到目的。例如，美国阿波罗11号计划，于

1961 年 5 月确定要于 60 年代末登上月球之后，通过系统分析，确定需要开发的火箭、控制、通信、电子、医学、心理学等方面技术，然后组织人力去发展，于 1969 年 7 月终于达到目的。这个计划经历了 8 年多，共耗费了 240 亿美元。

（3）人类认识自然的螺旋式上升——看来，人类认识自然，大体经历如下的三个大阶段：

古代自然知识⟶近代实验科学⟶现代自然科学理论

综合　⟶　分析　⟶　系统分析

因此，系统分析是一种多样性的综合分析方法，概括起来是两个基础（工程逻辑和应用数学）和多种技术。图 9－9 示出了它们在分析材料问题时的可能应用。

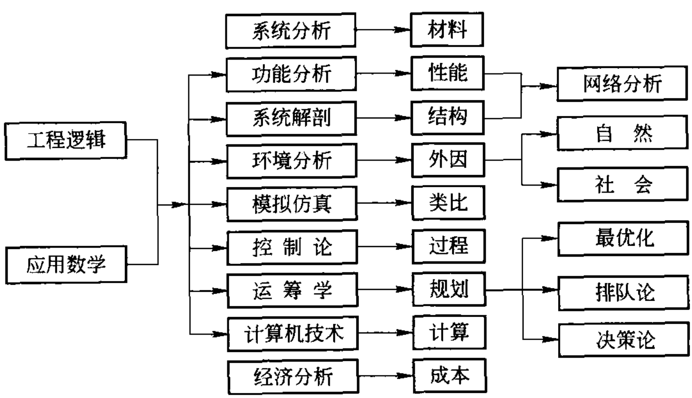


图 9－9　系统分析的各种技术

（二）模型化

1. 定义

“模型化（modeling）是用适当的文字、图表或数学方程来表

述系统的结构和行为的一种科学方法。”

人们使用模型化这种科学方法了解系统的结构和行为，并进一步对模型进行分析或计算，可以获得技术上及经济上的最优化的条件。因此，系统模型化是系统分析过程中的一个重要环节。

建立模型时的一个重要步骤便是**抽象**，将系统内组元间、组元与环境间的相互关系和作用抽出来用若干参数来表示，然后运用已有的科学原理或实验规律，确定这些参数之间的关系，若这个关系能用数学方程表示，那么这个数学方程便是表述这个系统的数学模型。这些关系如图 9－10 所示。

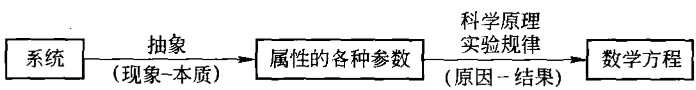


图 9－10　建立模型的过程

例如，对于奥氏体不锈钢这个系统，我们希望有一个模型来表述这类钢的室温强度。首先，需要抽象思维，即什么因素或参数影响强度？这类固溶型的钢的强度可受如下三方面因素影响：

（1）固溶强化——引入溶质含量这些参数；

（2）晶界强化——引入晶粒尺寸这个参数；

（3）组织强化——引入孪晶数、δ 铁素体含量及马氏体含量这些参数。

科学原理还无法定量地计算这些参数的影响，而从大量的实验数据，可以获得如下的数学表达式([37]p. 289)

$$\sigma_{0.2} = 6.46 + 50.4N + 36.2C + 2.05Si + 0.38Cr +$$

$$1.48Mo + 1.89V + 0.46W + 4.10Nb + 2.68Ti +$$

$$1.29\mathrm{Al}+0.252\delta+0.725d^{-1/2} \qquad (9-7)$$

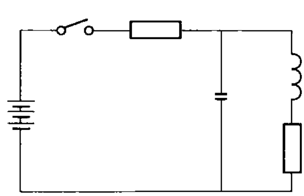
$$\sigma_b(\gamma)=45.7+55.4\mathrm{C}+86.6\mathrm{N}+3.78\mathrm{Si}+0.16\mathrm{Ni}+1.89\mathrm{Mo}+7.88\mathrm{Nb}+4.73\mathrm{Ti}+1.89\mathrm{Al}+0.221\delta+1.29t^{-1/2} \qquad (9-8)$$

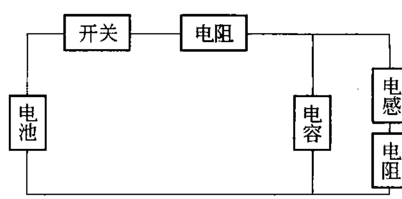
$$\sigma_b(\gamma+M)=\sigma_b(\gamma)+18.9+1.29M \qquad (9-9)$$

式中，$\sigma_{0.2}$及σ_b分别是屈服强度及抗拉强度，单位为9.8 MPa；δ及M分别是δ铁素体及马氏体的体积百分数；C、N、Si等分别是这些元素的质量百分数；d为晶粒的平均尺寸(mm)；t^{-1}为每毫米的孪晶数。式(9-7)～式(9-9)便是奥氏体不锈钢强度的数学模型。

2. 举例——方块图

方块图可以用来表示系统的结构，即组元间的相互联系。最常见的电路图，便是用符号代替了方块（图9-11a代替图9-11b），则更为形象化。这种方块图在以前各章曾用于表述系统内各组元之间的关系，例如，图1-6表述了材料学方法论的体系；图3-1表明材料问题中四个组元——性能、结构、过程及能量之间的关系。





a　　　　b

图9-11　电路图

a—电路符号图；b—电路方块图

3. 举例——过程模型

也可用方块图来定性地描述各种系统的各种过程。例如，化工生产的各种生产流程（图 9－12）、发电厂的生产过程（图 9－13）等等。系统过程的工作介质可以是物质、能量或信息；它们都有输出与输入；因此，单元过程的基本方块图如图9－14所示。若输入及输出分别用 x 及 y 表示，并用 K 表示系统的传递函数，传递函数是一个算子，则

$$输出=K\cdot 输入$$

即：
$$y=K\cdot x \qquad (9-10)$$

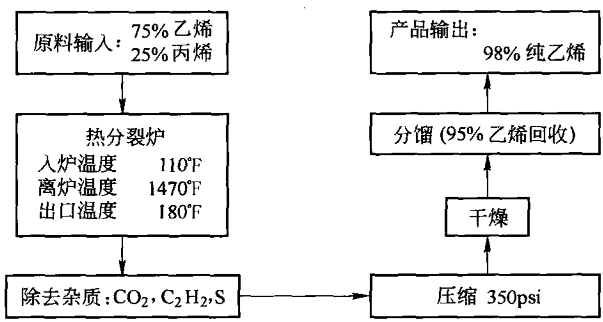


图 9－12 乙烯生产的化工流程图

（1 psi＝6894.76 Pa）

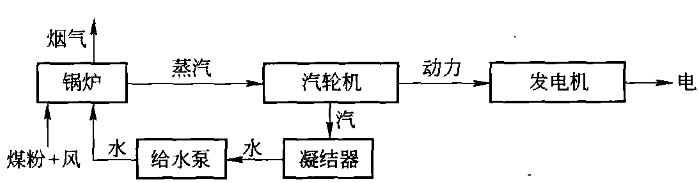


图 9－13 汽轮机发电厂生产过程

若不同的系统具有相同的 K，则它们之间可以相互模拟。若能获得式(9－10)的具体形式，便可得到这个系统的数学模型。图 9－15 所示的典型的质量－阻尼－弹簧系统，其输入为随时间而变的外力 $F(t)$，输出为质量 M 的位移 x，这个系统的运动方程如下：

$$M\frac{d^2x}{dt^2}+B\frac{dx}{dt}+Kx=F(t) \tag{9-11}$$

初始条件为：

$$\left.\frac{dx}{dt}\right|_{t=0}=0,\quad x\big|_{t=0}=A \tag{9-12}$$

式中，B 为阻尼系数，K 为弹性系数，A 为常数。图 9－15 及式(9－11)和式(9－12)便分别是这个系统的图像模型及数学模型，这个图像是由符号表示的，又叫作符号模型。

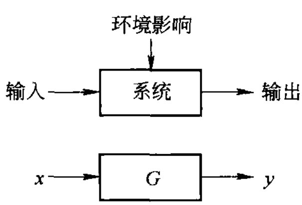


图 9－14　单元过程的基本方块图

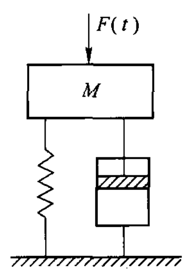


图 9－15　质量－阻尼－弹簧系统

利用图 9－13，可以从 y 的各个方面，如性能、时间、成本或可靠性等方面，比较不同的系统，从而进行选择。

4. 举例——时间模型

这是一种表达各工序的先后时间关系以及计划进度时间与

实际完成时间关系的模型。这种模型较原始的方法是表 9－2 所示的计划进度表。

表 9－2　计划进度表——时间模型

序号	项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月		
1	××××													
2	×××													
3	××××													

注：----计划进度；——实际进度。

为了缩短大工程的周期，降低费用，排除干扰等，美国在 50 年后期，发展了 PERT 及 CMS 两种技术。PERT 是 Program Evaluation and Review Technique 的简写，即计划评审技术；CMS 是 Critical Path Method 的简写，即关键途径法。这两种技术在管理方面，取得了显著效果。例如，美国北极星导弹潜艇计划，涉及 11000 多单位的协调配合，由于 1958 年 12 月采用了 PERT，提早两年多完成了这个计划。CMS 是美国杜邦公司及兰德公司于 1957 年开始研制的新方法，用于协调庞大机构内众多部门的工作，也取得了显著的效果。

5. 举例——组元三角形法

在物理化学及金属学中，对于三元系，人们应用如图 9－16 所示的等边三角形的几何关系，用三角形内的点（X），表示组元 A、B、C 的成分。我们可以借用这种图示法，表示三组元组成的系统中，各个组元的相对重要性或者它们之间的关系。

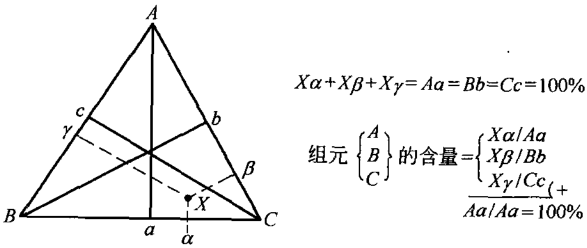


图 9－16　三元材料的化学成分

例如,断裂力学的公式表明了断裂韧性(K_{IC})、断裂应力(σ_f)及裂纹深度或长度(a_c)之间的关系:

$$K_{IC} = \alpha\sigma_f\sqrt{\pi a_c} \tag{9-13}$$

式中,α 是与裂纹形状和加载方式有关的无量纲系数。若用 X_C 表明广义的裂纹断裂韧性,则上式为:

$$X_C = \alpha\sigma_f\sqrt{\pi a_c} \tag{9-14}$$

上式涉及到三方面工作,而发展也不平衡:力学工作者对于 $\Delta(\alpha\sigma_f)$ 的计算,精度约为 5% ~10%;冶金工作者对于韧性的控制,精度约为 20% ~50%;而探伤工作者对于 Δa_c 的检查,精度约为 100% ~200%。因此,组织科研时,应从图 9－17 的 Y 区移向 Z 区;若以经费的多少来衡量重视的程度,则可参照图 9－17 分配科研经费。从工程角度考虑,应平衡精度,才能获得最优化。

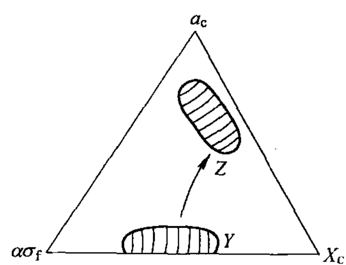


图 9－17　材料断裂研究的转移

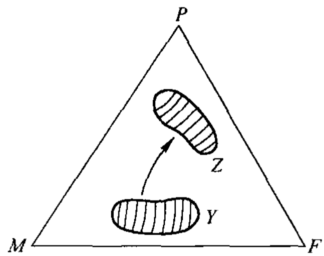


图9－18 坦克设计思想的改变

又例如，设计坦克时，需要考虑防护(*P*)、火力(*F*)及机动(*M*)三个因素。在重量一定的条件下，如何将重量合理分配给三个组元，是坦克设计的战略思想。1982年以色列的主战坦克，从图9－18中传统的*Y*区移向侧重于防护的*Z*区，在战场上取得一定的优势。

图9－19示出力学、化学及热学三个因素导致的材料失效现象之间的关系。若热学因素用归一化的参量 $\theta = T/T_m$ 表示，T_m 为熔点，T 为工作温度，均为绝对温度；力学因素用归一化的参量 $\Sigma = \sigma/\sigma_f$ 表示，σ 为工作应力，σ_f 为室温断裂强度；化学因素难于归一化，用 C 表示。图9－19中有七类失效现象：

基本单元：

1—静态力学破坏

2—腐蚀

3—熔化

二元：

4—高温腐蚀

5—高温蠕变

6—应力腐蚀

三元：

7—(*a*) 高温应力腐蚀

(*b*) 应力下高温腐蚀

(*c*)介质下高温蠕变

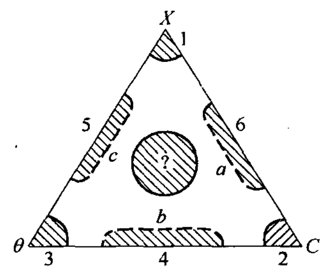


图9－19 材料失效现象(一)

若只考虑力学—化学因素，但将载荷的频率(*f*)作为第三组

元，则有如图 9－20 所示的五种失效现象：

1—静态力学破坏 }单元
2—腐蚀

3—应力腐蚀 }二元
4—疲劳

5—腐蚀疲劳——三元

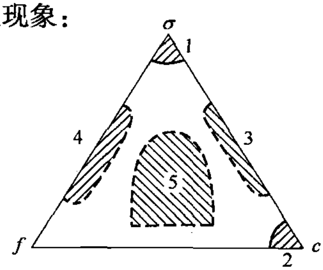


图 9－20　材料失效现象(二)

其他的三组元系统也可用这种方法，例如：

(1) 材料、能源和信息——是现代文明的三大支柱；现代的人类便是在这三根支柱支撑的大厦内生活。三者的关系如图 9－21所示的组元三角形。

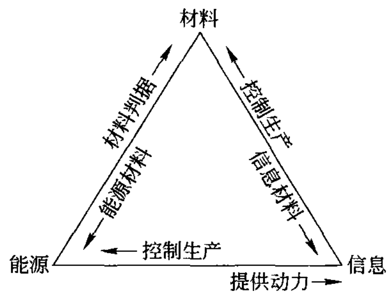


图 9－21　材料、能源和信息

材料为能源及信息提供物质基础，即能源材料和信息材料；能源既是材料的判据之一，又为信息提供动力；信息是现代材料和能源生产的控制所必需的。

材料的管理者和生产者，从战略上应该重视这三者之间的相互依赖关系。

(2) 生产、教学、科研——这三者的组元三角形由图 9－22 所示：学校通过教学，向工厂及科研单位提供人才；科研单位通

过科研所出的成果，既可促进生产，又可为教学提供教材，并提出对培养人的要求；工厂通过出产品，创造物质财富，从而直接或间接地为教学和科研提供条件，另一方面，对于学校，提出对培养人的要求，对于科研单位，提出需要研究的问题。这三者是为了一个共同的对象，进行各自有所侧重的工作。它们之间要求有所结合，但只能是在分工的基础上谈结合。

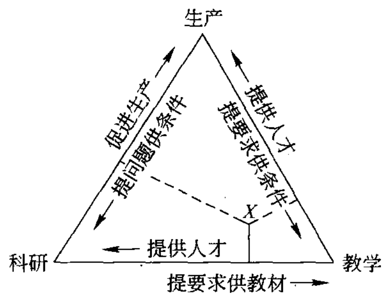


图 9－22　材料生产、科研、教学关系

图 9－22 中三角形内的状态是存在的，例如 X 点，这是学校办了工厂，也进行了科研，人力的分配为：教学 58.8%，科研 20.6%，生产 20.6%。

（三）模拟

模拟也叫做仿真（simulation），是模型化的继续。模型化是一种寻求表示系统的科学方法。有了模型之后，还必须采用一定的模拟方法，对这个初步模型进行测试和计算，然后依据测试和计算结果，对初步模型进行研讨和改进。因此，模拟是模型化的继续，它们之间关系如图 9－23 所示：通过模型化，我们对系统所提出的问题有所理解；然后通过模拟，或者获得问题的解答，或者改进模型。

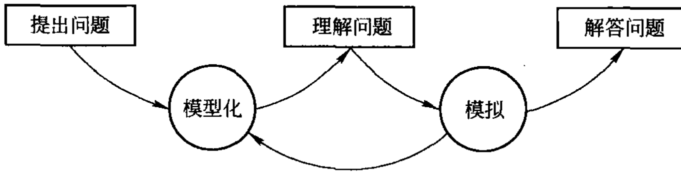


图 9-23　模型化与模拟

模拟可分为三类：

(1) 几何模拟——用缩小(或放大)尺寸的办法，制备与系统原型相同的模型，模型的变量和系统的变量完全一样。飞机在进行风洞试验时，用尺寸缩小了的飞机做模型进行试验，便是一个例子。这种几何模拟与物理模型是相同的概念。

(2) 数字模拟——对于所建立的数学模型，例如式(9-11)，可以用模拟计算机或数字计算机进行模拟，因而就分别有两种数字模拟方法。

(3) 物理模拟——不同的工程系统可以用相同的数学模型来表示，则数学模型的解不随系统而变。因此，在这种情况下，就可用一个系统来模拟另一个系统，由于电气系统较易进行试验和测量，一般用它来模拟其他系统，故叫做电气模拟，或简称为电模拟。这类模拟涉及到时间因素，又叫做动态模拟。

进行电气模拟时，首先需要无量纲化，然后求解。

(四) 最优化

“系统最优化是使系统的目标函数在约束条件下达到最大或最小的过程。”

最优化技术是运筹学的一个分支，因为运筹学还包括排队论、决策论、博弈论、优选法、控制论等；在另一方面，运筹学的目

的，从广义来说，也是要求最优化，因此，最优化又是运筹学中的基本思路和主要技术。

所需要的最优化技术随系统的特性而异。若需要最优化的目标函数是连续而可导的，对变数没有约束时，可以采用微积分；若需要最优化的目标函数是线性函数，而变数又受线性约束条件所制约，可以采用在下面将要讨论的线性规划；若目标函数和约束条件都是非线性的，则需要采用非线性规划；此外，还有动态规划、网络法、排队论等技术，对它们的简介，请参考[4] p150～154。

线性规划(linear programming，LP)是系统分析中最常用的最优化技术。它研究在一定限制条件下如何达到最有效的目的。这种统筹规划的问题，在数学上是一组约束条件下寻求目标函数的极值问题。如约束条件是线性等式及线性不等式，而目标函数也是线性函数，则是线性规划问题。

线性规划的数学形式如下：

求 $x_j (j = 1, 2, \cdots, n)$，使之满足约束条件

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leqslant b_i \quad (i = 1, 2, \cdots, m)$$

与

$$x_j \geqslant 0 \quad (j = 1, 2, \cdots, n)$$

并且使目标函数 $f = \sum_{j=1}^{n} c_i x_j$ 达到最大(或最小)值。

对于“材料”这个系统，可以选择五个判据中某一判据为目标函数，另一些判据为约束条件，则会出现一系列线性规划问题。

例如，某合金钢厂生产两种含铬的合金钢——1Cr13 及 GCr15，生产这两种钢的经济收益分别为每吨 1000 元及 200 元，产量、能源、资源的约束条件及其他技术资料示于下表：

产　品	1Cr13	GCr15	每日限制量
日产量/t	x_1	x_2	≥900 t 钢
每吨耗铬/kg	150	15	≤100 t 铬
每吨耗电/kW · h	9000	6000	$\leq 8000\times 10^3$
每吨所需时间/h	1/36	1/48	≤24
每吨收益/元	1000	200	求最大值

求收益 $C=1000x_1+200x_2$ 为最大时的 x_1 及 x_2。

解：目标函数为　$C=1000x_1+200x_2$ ………………………… ⑥

约束条件有：

$$\begin{cases}\text{产量：} & x_1+x_2\geq 900 \cdots\cdots ① \\ \text{耗铬量：} & 0.15x_1+0.015x_2\leq 100 \cdots\cdots ② \\ \text{耗电量：} & 9x_1+6x_2\leq 8000 \cdots\cdots ③ \\ \text{每天时间：} & x_1/36+x_2/48\leq 24 \cdots\cdots ④ \\ \text{非负条件：} & x_1\geq 0, x_2\geq 0 \cdots\cdots ⑤\end{cases}$$

对于这个简单问题，可用图解法。首先画出约束区域，如图 9－24所示：

（1）为了满足条件 5，解在第一象限；

（2）为了满足条件 4、3 及 2，解在这些等式所代表的直线 4、3 及 2 的下面；

（3）为了满足条件 1，解在等式 1 所代表的直线 1 的上面。

因此，为了满足五个约束条件，解限制在图 9－24 的多边形 $ABEF$ 之中。以 C 为参数的⑥式，是如图 9－24 所示的一系列平行的直线族；C 愈大，直线愈在右上方。

为了满足题中所提出的所有条件，凸点 B 使 C 具有最大值，B 点所对应的 x_1 及 x_2，便是所求的最优解。B 点是直线 4

及 2 的交点：

$$\begin{cases} x_1/36 + x_2/48 = 24 \\ 0.15x_1 + 0.015x_2 = 100 \end{cases}$$

解上式得到：$x_1 = 636.31(\mathrm{t})$，$x_2 = 303.58(\mathrm{t})$，代入式⑥：

$$C = 1000 \times 636.31 + 200 \times 303.58 = 697026(\text{元})$$

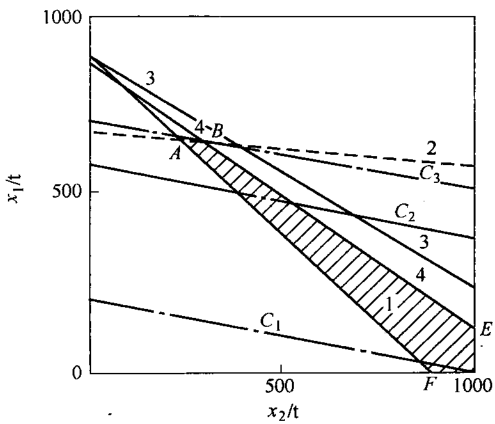


图 9－24　最优解的图解法

第十章　两句名言警句的误解

既是名言警句，则影响重大，应正确理解；不应误解，从而误导。

“孔子是中国春秋时期重要的哲学家、博学的学者、政治活动家、伟大的教育家。”[26]p61

应该指出，孔子是一位失败的政治活动家，周游列国，而未被聘用。

《文选》[27]是我国现存的编选最早的一部文学总集，各种文体的主要代表作大致具备；它的编选者萧统（公元501～531）是南朝梁武帝——萧衍的长子，死后谥昭明，故又称《文选》为《昭明文选》。“命运论”为该所选十四论中的第九篇。文中举出孔子的悲剧：以仲尼之才、辩、谦、仁、智、行，应聘于七十君而不得用，是“有命无运”！这是由于他的政治思想不适应当时的时代要求。但是，孔子是一位伟大的教育家：民办学校，“有教无类”，传说有弟子三千人；曾删诗书，定礼乐，赞周易，修春秋。他的教育思想和哲学思想主要反映在《论语》中，世界公认为他是伟大的教育家，对我国及日、韩等国的影响重大。

对有重大影响的名言警句，更应正确理解，择其善者而从之；若误解，进而误导，则非先哲本意。本章示例地择《论语》二句论述之。

“如何学”和“为什么学”也就是“学的方法”和“学的目的”，是需要正确回答的两个基本问题。在《论语》中，孔子曾回

答了这两个问题,可惜存在误解,需要商讨澄清。

第一节　学而时习之

这是《论语》开书的第一句:“子曰:‘学而时习之,不亦说乎’”([25]p1“学而篇第一”)

在下面,依次分论“习”与“学”,即“温习”或“实习”与“博学”或“专学”。

一、习——温习或实习?

书房有三本关于《论语》的书,查阅思考,有所选择。

(1) 朱熹的《四书章句集注》[28]p47注:

说,喜悦也。既学而又时时习之,则所学者熟,而中心喜悦,其进自不能已矣。程子曰:“习,重习也。”因此,一般人将“习”理解为“温习”。

(2)《十三经注疏》[29]p2457注:

“时者,学者以时诵习之,诵习以时,学无废业,所以为悦。”这种解说只是指出,诵习而无废业,有何用?

(3) 杨伯峻执异议[25]p1:

习:在古书中,它还有“实习”、“演习”的意义。如《礼记—射义》的“习礼乐”、“习射”。《史记》的“孔子世家”:“孔子去曹适宋,与弟子习礼大树下。”这个“习”字,更是演习之意。孔子所讲的礼(包括仪节)、乐、射(射箭)、御(驾车)这些,尤其非演习、实习不可。

时:秦时代作副词时,意为“在适当的时候”,而非朱熹所指的“时时”。看来,“习”应以“实习”为主,也可包括“温习”;温

故而知新。因此，杨伯峻对《十三经注疏》的译文为：

“孔子说：‘学了，然后按一定的时间去实习它，不也高兴吗？’”

二、学——博学或专学？

人生总会面临几次改行，甚至几次升降；此外，大学四年，也难于培养出专家，因此，我多次成文，趋向于：

“未来的文盲，不再是不识字的人，而是不知如何学习的人。”

“今后的大学，不再培养容易落后的专家，而要培养能够适应变化情况的通才。”

“适量专业知识外，我认为，大学应侧重三个方面：

基础——未来潜力；

方法——应变能力；

外语——面向世界。”

因此，我同意儒家《中庸》的观点：

“博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之。”（[29]“礼记正义—中庸第三十一”，p1632）

关于“学”、“问”、“思”之间的关系，可辅以如下注释：

“君子学以聚之，问以辨之。”（[29]“周易正义”p17）

“学而不思则罔，思而不学则殆。”（[29]“论语注疏——为政第二”p2462）

学而不博，则何所类比？何所交叉？何所交融？反之，若太博，将患《老子》第81章[30]所指之病：

“知者不博，博者不知。”

第二节　学而优则仕

一、误导

中国知识界内，流传一句话，即：

“学而优则仕。”

将“优”理解为“优良”，则这句流行话可译为：

“学习优良的知识分子(士)，便去做官(仕)。”

二、溯源

这句话来源于《论语》“子张 19.13”[25]p202：

“子夏曰：‘仕而优则学，学而优则仕’。” ………… (10.1)

查《辞源》p264，：“优”有六义：① 丰富，② 优良。

《辞海》p218，：“优”有六义：① 优良；② 富裕。

杨伯峻[25]译为“有余力”，则(10.1)的主句译为：

“做官了，有余力便去学习；

学习了，有余力便去做官。”

朱熹[28]p190将(10.1)的主句注为：

“优，有余力也。仕与学，理同而事异，故当其事者，必先有以尽其事，而后可计其余。然仕而学，则所以资其仕者益深；学而仕。则所以验其学者益广。”

三、务实

1962年6月28日北京师范大学陈垣校长函复教育部研究室蔡迪函，广征博引，考释《论语》“仕而优则学，学而优则仕”二

句。认为[24]：

"仕而优则学，谓做事有余力则学习；学而优则仕，谓学习有余力则做事。"

四、求同

（1）仕与学，均为工作及职务，均为"当事"。

（2）先尽其事，有"余力"，后及其余。

（3）仕而学，资其仕；学而仕，验其学。

五、辨异

（1）主次是否有别？当然有别！社会分工，是人类进步的表现。学、仕健康互助，可参考。

（2）改行而仍恋旧，既要成好仕，又要是优秀学者，难！

（3）等而下之，以仕权而上私学、攀高学术荣誉，当受斥。

因此，有效交融，必须首先保证不误学、不误导。南朝宋、齐、梁的三代才子江淹，既贵且富了，变成"江郎才尽"，可供借鉴！其次，为了急于"仕"，对于(10.1)，断句取义，误读误解，不宜提倡。

第十一章　实践悟知——行知记实

第一节　经历——八个阶段

俗话说:“人活到老,学到老。”

不管你承认与否,人总是自觉或不自觉地在学。先活跃些思想,引几段刻画人生的名言警语或趣语俗话。

“儿童得到一点支离破碎的观念,就心满意足了。直到后来,累积了一些经验,才开始审查人生的纠纷。”

——维·雨果,《笑面人》(1869),p75

“人一上年纪,就变成一个有思想的废物。”

——维·雨果,《笑面人》(1869),p11

“世界上没有快乐或痛苦,只有一种状况与另一种状况的比较,如是而已。只有曾受过最深切的悲哀的人,才最能体会最大的快乐。”

——大仲马,《基督山伯爵》,第四册(1944),p1569

“自叙经历,只有一句话:老得太快,知得太晚,做得太少。”

“江声……钟声,不论你回溯到如何久远,——不论你在辽远的时间中想到你一生中的哪一刻,——永远是那些深沉而熟悉的声音在歌唱。”

——大仲马,《基督山伯爵》,中译本,第一册

我一生可简单分为八个阶段:

（1）1920 年 12 月，我出生在湘西边城——凤凰，那是汉、苗、土家等兄弟民族混居的地方，12 岁前我在那儿学习成长。当时，那里是入夜豺嚎，民风纯朴而悍强。正如恩格斯所指出的那样（《马恩选集》，第四卷，1972，p93）："凡与未被腐化的印第安人接触过的白种人，都称赞这种野蛮人的自尊心、公正、勇敢和刚强。这些称赞证明，这样的社会能够产生怎样的男子，怎样的妇女。"

社会环境会影响一个人的个性和志趣的成长。人类不停地在反思他们社会进展的历程，例如 20 世纪 90 年代初，获奥斯卡金像奖的美国影片《与狼共舞》所要表现的即是资本主义高度发达的美国对其社会历程的一种反思。

我小学六年级时，祖父指导我学习《论语》，初识孔圣人，校长石爱三先生在周末教我学英语，先学半年，帮助很大，随后在长沙明德初中学习时很主动。

（2）1933 年至 1937 年，我在长沙明德中学寄宿学习，那是我一生最难忘的四年半：一叶孤舟载荆蛮，千里放逐难归还；终生难忘春蚕情，举目无亲，仍知人世有温暖。我喜欢那里的图书馆：藏书丰富，可在中外文化领域内驰骋浏览；更重要的是，培养终身享用的自学能力和习惯。那时，湖南的中学要求读"四书"，事过 60 年，我认为，让青年涉猎我国灿烂的古代文化是大有裨益的。《汉书》（六二）的《司马迁传》提到"贯穿经传，驰骋古今"，这是对大史学家司马迁的称赞。可见，年轻人了解我国古代优秀文化很有必要。

（3）1937 年至 1945 年。日寇铁蹄蹂躏中华大地，国家和民族深陷苦难之中。广大青年深感国破家亡之恨。我曾参加宣传和组训民众工作半年，学习左派哲学和文化，合办《大众呼声》，诗文初探。学习会计专业一年，对于资本主义

的经济及社会学，有所猎览。个性和志趣，宜于走科技救国的路线；1939 年至 1943 年，在唐山交通大学学习矿冶工程，终生学术命运难变。在校期间，严格的工程教育和严峻的淘汰制度，铭记未忘。大学毕业后，寻职艰难，坚持学习未等闲。1943 年 9 月开始任高中数理化教员一年半，学然后知不足，教然后有所用，深有所感：

1）平面几何的演绎证明和对辅助线的惊叹！

2）俗需先通，理化理论与日常现象的关联？

1945 年 2 月开始，在二八兵工厂任一年半的技术员，硅铁合金炉前日夜值班，酸碱炉渣钨铁试炼；1948 年 2 月出国留学前任中央标准局技士一年，每日办公室签到上班，从事英文秘书、工业标准编译、质量控制的科研等工作，谁知日后还有所发挥和借鉴。

（4）1948 年至 1957 年在美国留学和从事科研：硕士论文是研究 TiC-WC 硬质合金的制备；1950 年冶金学博士论文是关于金属硫化物挥发性的科研，谁料 1988 年出版的《真空冶金》仍数页地引用这篇文献。由于我未坚持在这个领域工作，只是将我的姓“Hsiao”误译为“西奥”，可谓笑谈；谁知时隔 24 年后的 1974 年，我又重新利用曾在博士论文中阐述的有关氯化物挥发性及金属腐蚀的概念，分析了多晶硅纯度的难题。1951 年至 1954 年，我在美国从事金属材料热处理、深冲、表面处理等工艺以及力学、腐蚀等性能改进的分析；1955 年至 1957 年从事铬锰碳氮奥氏体不锈耐热钢的系统性（200 多种钢）的原始科研，对这个系统的相图和相变、腐蚀和蠕变，做出了一些贡献。

（5）1957 年回归祖国，一直担任北京钢铁学院（1988 年改为北京科技大学）金属物理教授，在大家所熟悉的政治社会环

境中，揭开我后半生的新篇章。第一个10年重新学习毛泽东的两论（《实践论》和《矛盾论》）和“整、反、改”（整顿党的作风、反对党八股、改造我们的学习）五篇文章，深刻地改变了著者的哲学思想；在业务上，讲授合金相，研究合金钢。第二个10年是“文化大革命”，我幸运地于1969年被提前解放；但仍是战战兢兢地做“二等公民”，谨防反动大帽再戴上。1972年开始集中研究金属的断裂，从力学、物理和化学三方面分析断裂的机理及研究如何预防重大事故的发生。

（6）打倒“四人帮”，揭开我回国后第三个10年（1977～1986）的新篇章。心情舒畅，思想解放：大胆开设新课程——断裂力学、合金能量学、应力腐蚀与氢致开裂、材料科学方法论，在祖国各地交流宣讲；科研集中于断裂的化学问题，科研集体多次获奖。这是个人科技生命飞腾的10年。1986年底著者回顾以往60年（1927～1986）和展望今后10年，以10年为一期，每年各有特征，以“二十歌韵”成诗总结：

十年历程

——1986年除夕，北京

飞腾十年有几何？　　“文革”十年多坎坷！
追忆十年重起步，　　留美十年是南柯。
再回十年恨日寇，　　少习十年归长河。
展望十年如朝露，　　愿随飞矢作木苛！

（7）1987年开始著者回国后第四个10年，身体仍健。完成《材料的应用与发展》的电视广播教材的编著和讲授。材料设计是科研工作的扩展；“宏观材料学”及“宏观腐蚀学”的提出和建立，是交叉科学发展的大胆实践。1989年的“政治风波”导

致动乱,“世界警察”高呼“人权”;苏联解体,东欧剧变,“世界警察”又将目标移向我华夏锦绣河山;1993 年秋美国对我国的敌视达到高峰,年末明智地有所转变。1993 年 10 月游美,忆 73 年经历有感,成诗留念:

七 三 述 怀

——1993 年 10 月 12 日,美国圣荷色市

一 1920~1932　　幼稚心灵知世乱
如梦未逝七三年,　　山高水急育荆蛮。
兵荒马乱畏狼嚎,　　幼稚心灵知世乱。

二 1933~1938　　岂容倭鬼吞河山
孤读长沙始上鞍,　　寄宿明德勤钻研。
日寇铁蹄践神州,　　岂容倭鬼吞河山!

三 1939~1957　　深攻科技留美国
烽火正炽停福泉,　　国强民富是我愿。
和谈破裂燃内战,　　深攻科技留美联。

四 1957~1976　　谁料四寇乱河山
归心似箭盼月圆,　　报国有志偿素愿。
血泪如河洗神州,　　谁料四寇乱河山?!

五 1977~1985　　当务之急转观念
妖魔俯首人民欢,　　大陆落后志士怨。
奋起直追谈何易?　　当务之急转观念!

六 1986~1990　　开放改革如波澜
经济起飞另眼看,　　“世界警察”吠人权。

开放改革如波澜， 沧桑"中心"未流连。

七 1991～1999 遗忘越争与韩战

苏联崩溃停冷战， "救世"政客举杯欢。

矛头指向何处去？ 遗忘越争与韩战。

八 2000～2009 21 世纪举杯欢

中华民族五千年， 溶合韧性难裂断。

冲破政经重重关， 廿一世纪举杯欢！

（8）1997 年，我步入回国后第 50 个年头，又完成几部学术著作。2000 年 1 月在中国腐蚀与防护学会聚餐会上，想念宝岛回归，仿陆游暮年诗，吟七言一首志怀：

四纪国耻泪已空， 九九欢庆港澳同。

宝岛回归祖国日， 阴阳联网告群翁。

光阴似箭，瞬已到达 2009 年；现正宣传要构建"和谐社会"。关于"和"与"同"，《论语》"子路 13.23"曾有论述：

"子曰：'君子和而不同，小人同而不和。'"

杨伯峻[25]p142对于"和"与"同"曾有如下的注释：

"'和'与'同'是春秋时代的两个常用术语，左传昭公二十年所载晏子对齐景公批评梁丘据的话，说得非常详细。'和'如五味的调和，八音的和谐，一定要有水、火、酱、醋各种不同的材料才能调和滋味；一定要有高下、长短、疾徐各种不同的声调才能使乐曲和谐。晏子说：'君臣亦然。君所谓可，而有否焉，臣献其否以成其可；君所谓否，而有可焉，臣献其可以成其否。''同'就不如此，用晏子的话说：'君所谓可，据亦曰可；君所谓否，据亦曰否；若以水济水，谁能食之？若琴瑟之专一，谁能听之？'同之不可也如是。'"

试以七言颂之：

和而不同君子道，　同而不和小人径；
和谐社会满光明，　中华儿女齐跃进！

第二节　归国后的学术活动

1957 年至 2008 年的学术活动内容示于表 11－1；讲课及学术报告统计示于表 11－2；出版的著作统计示于表 11－3；21 世纪学术活动轨迹（2000～2009）列于表 11－4，1949 至 2008 年发表的材料宏观及综合问题方面的 86 篇论文目录列于第 5 小节。

一、1957 年至 2008 年学术活动内容

表 11－1　1957 年至 2008 年学术活动内容

开设课程		
1958～1966	金属材料学 扩散	合金相及相变 金属物理
1973～1982	合金结构学 断裂力学	合金热力学 断裂化学
1983～1992	材料能量学	材料学的方法论
学术报告		
1958～1966	（1）亚稳相及亚稳固溶度； （2）固溶体理论； （3）结构钢、不锈钢、高速钢的金属学问题	

续表 11－1

学 术 报 告	
1973～1982	(1) 断裂韧性; (2) 断裂力学; (3) 应力腐蚀; (4) 氢致开裂; (5) 失效分析; (6) 过程与能量
1983～2002	(1) 材料学的方法论; (2) 断裂化学; (3) 简易材料论; (4) 类比与交叉; (5) 宏观材料学问题; (6) 问题分析方法; (7) 人生七路; (8) 行路悟知; (9) 问题与方法; (10) 人文素质; (11) 人、物、事理中的数学
2003～2008	(1) 材料学者实践悟知; (2) 路; (3) 人、才、材的命运; (4) 想法与方法; (5) 我国经典著作的启示; (6) 中国的人才; (7) 腐蚀的有益作用; (8) 材料与人才; (9) 宏观材料学的来龙去脉; (10) 问题与方法; (11) 知识三元系; (12) 学习与创新; (13) 简陈材料学; (14) 人物事通理; (15) 材料学者用数学; (16) 反馈与耗散

二、讲课及学术报告统计

表 11－2　讲课及学术报告统计

年　份	次数	共计次数	时数	共计时数	听讲人数	共计人数	年数
1957～1961	16	16	203	203	1560	1560	5
1962～1966	18	34	237	440	2270	3830	5
1967～1971	文化大革命						5
1972～1976	21	55	149	589	1850	5680	5
1977～1981	78	133	260	849	11720	17400	5
1982～1986	119	252	257	1106	11611	29011	5
1987～1991	78	330	183	1289	9595	38606	5
1992～1993	52	382	154	1443	5655	44261	2
1994～1995	35	417	75	1518	3980	48241	2
1996～1997	50	467	112	1630	6130	54371	2
1998～1999	19	486	67	1697	1230	55601	2
2000	21	507	55	1752	2605	58206	1
2001	17	524	77	1829	2320	60526	1
2002	24	548	64	1893	5350	65876	1
2003	23	571	53	1946	4370	70246	1
2004	9	580	19	1965	2800	73046	1
2005	10	590	14	1979	1890	74936	1
2006	24	614	42	2021	4740	79676	1
2007	14	627	22	2043	1680①	81356	1
2008	8	635	13	2056	1182	82538	1

① 广播教学一次，未计听讲人数。

三、出版的著作统计

表 11-3　出版的著作统计

序号	书　名	出版单位	出版年月	字数/千字	累计字数/千字	类别[①]
1	金属材料的腐蚀问题	中国工业出版社	1962-08	271	271	B
2	高速钢的金属学问题	冶金工业出版社	1976-08	74	345	A
3	金属的韧性与韧化	上海科技出版社	1980-10	464	809	B
4	不锈钢的金属学问题	冶金工业出版社	1983-09	389	1198	A
5	合金能量学	上海科技出版社	1985-07	535	1733	B
6	合金相与相变	冶金工业出版社	1987-04	540	2273	B
7	材料的应用与发展	宇航出版社	1988-07	470	2743	C
8	应力下的金属腐蚀	化工出版社	1990-04	414	3157	B
9	腐蚀总论	化工出版社	1994-05	323	3480	B
10	材料学的方法论	冶金工业出版社	1994-12	321	3801	D
11	金属材料学的原理和应用	包钢科技编辑部	1996-10	687	4481	B
12	士心集	广东教育出版社	1999-12	156	4644	E

续表 11－3

序号	书名	出版单位	出版年月	字数/千字	累计字数/千字	类别[①]
13	材料能量学	上海科技出版社	1999-12	510	5154	B
14	材料学方法论的应用	冶金工业出版社	2000-04	272	5426	D
15	梳理人、事、物的纠纷	清华大学出版社	2000-04	146	5572	D
16	Microstructure and[②]	World Sci.	2000	156	5728	B
17	学习与学术经历[③]	科学出版社	2000-11	116	5844	D
18	治学体会漫谈	冶金工业出版社	2002-09	156	6000	D
19	材料腐蚀学原理	化工出版社	2002-09	451	6451	B
20	志怀集	冶金工业出版社	2004-01	250	6701	E
21	合金相及相变(第2版)	冶金工业出版社	2004-03	541	7242	B
22	宏观材料学导论	哈工大出版社	2004-06	287	7529	C
23	理工科大学生人文素质初悟	冶金工业出版社	2005-09	147	7676	D
24	行路悟知录	化工出版社	2005-10	177	7853	D
25	不锈钢的金属学问题(第2版)	冶金工业出版社	2006-08	438	8291	A

续表 11-3

序号	书 名	出版单位	出版年月	字数/千字	累计字数/千字	类别①
26	情理论说文集	冶金工业出版社	2008-01	219	8510	D
27	行知集	冶金工业出版社	2008-07	156	8666	E
28	学习学初悟	冶金工业出版社	2009-07			D

① 类别中,A 指某类材料,B 指微观材料学,C 指宏观材料学,D 指方法与人文,E 指韵文集。

② Microstructure and Properties of Materials, Ed. by J. C. M. Li, p 179-334.

③《纪念肖纪美院士八十寿辰文选》,1-116。

四、21 世纪学术活动轨迹

表 11-4 21 世纪学术活动轨迹(2000~2009 年)

编号①	年月	地点	单 位	时数	题 目
487	2000-2	天津	天津大学	3	问题分析方法
488	2000-3	北京	北京科技大学	4	问题分析方法
489	2000-3	昌平	石油大学	3	问题分析方法
490	2000-3	北京	北科大研究生院	3	问题分析方法
491	2000-4	北京	北科大研究生院	3	类比与交叉
492	2000-4	北京	北科大研究生院	3	适中论
493	2000-4	北京	北科大研究生院	3	宏观问题学科分支
494	2000-6	兰州	三思公司	3	问题分析方法
495	2000-7	南宁	市 办	0.5	座谈
496	2000-8	连云港	机械学会	1	问题分析方法

续表 11－4

编号[①]	年月	地点	单　位	时数	题　目
497	2000-9	长沙	中南大学	10	问题分析方法讲座
498	2000-9	凤凰	县政府	2	问题分析方法
499	2000-10	深圳	专家网	0.5	材料问题
500	2000-10	台南	成功大学	2	类比与交叉
501	2000-10	台南	金属学会	1	简易材料论
502	2000-10	高雄	高雄科技大学	2	简易材料论
503	2000-10	台北	台北科技大学	2	类比与交叉
504	2000-11	北京	北京科技大学	1	教师的烦恼与解脱
505	2000-11	哈尔滨	哈尔滨工程大学	2	教师的烦恼与解脱
506	2000-11	昌平	石油大学	3	类比与交叉
507	2000-12	北京	北京软件学院	3	问题分析方法
508	2001-2	北京	北京科技大学	4	问题分析方法
509	2001-2	北京	北京图书馆	0.5	学习经典著作体会
510	2001-3	北京	北京航空大学	2.5	问题分析方法
511	2001-4	南京	南　辰	2.5	问题分析方法
512	2001-4	江阴	机械工程学会	2	问题分析方法
513	2001-5	厦门	厦门大学	14	问题分析方法讲座
514	2001-5	福州	福州大学	10	问题分析方法讲座
515	2001-5	福州	福州大学	2.5	物理、人理、事理
516	2001-6	太原	太原理工大学	14	现代问题分析方法
517	2001-6	北京	北京科技大学	3	治学经历漫谈
518	2001-7	哈尔滨	哈尔滨工程大学	10	现代问题分析方法
519	2001-7	哈尔滨	哈尔滨理工大学出版社	2	科技著作阅读性

续表 11－4

编号[①]	年月	地点	单　位	时数	题　目
520	2001-7	哈尔滨	哈尔滨锅炉厂	2	抗断裂的材料设计
521	2001-7	哈尔滨	哈尔滨锅炉厂	2	简易材料论
522	2001-7	哈尔滨	哈尔滨理工大学	3	治学经历漫谈
523	2001-7	哈尔滨	鑫科公司	1	鑫科纳米产品销售
524	2001-11	北京	北科大应用物理系	2	物、人、事理中的数学
525	2002-1	北京	北科大材料系	2	三与二
526	2002-3	北京	北科大材物系	4	问题分析方法
527	2002-3	北京	北科大应用物理系	3	物、人、事理中的数学
528	2002-4	北京	北科大研究生院	3	路
529	2002-4	长沙	湖南电力学院	3	简易材料论
530	2002-4	长沙	湖南电力学院	3	物、人、事理中的数学
531	2002-4	长沙	湖南电力学院	3	路
532	2002-4	长沙	湖南电力学院	1	科研座谈
533	2002-4	长沙	湖南电力学院	2	类比与交叉
534	2002-4	长沙	湖南电力学院	2	治学漫谈
535	2002-4	湘潭	湘潭大学	3	类比与交叉
536	2002-4	湘潭	湘潭大学	2	物、人、事理中的数学
537	2002-4	湘潭	湘潭大学	3	简易材料论
538	2002-4	湘潭	湘潭大学	3	路
539	2002-4	长沙	明德中学	2	学习成才之路
540	2002-8	北京	哈工大出版社	1	科技著作阅读性
541	2002-9	北京	金属学会	3	路
542	2002-10	镇江	船舶学院	3	治学路

续表 11－4

编号[①]	年月	地点	单　位	时数	题　目
543	2002-10	镇江	船舶学院	3	路
544	2002-10	镇江	江苏大学	3	路
545	2002-10	北京	金属学会	3	行路悟知
546	2002-10	青岛	两岸交流	1	利害与人生
547	2002-11	北京昌平	石油大学	3	路
548	2002-12	北京	北科大材料系	4	路
549	2003-2	北京	北科大材物系	4	路
550	2003-3	武汉	武钢钢研所	2	材料学者实践悟知
551	2003-3	武汉	武钢钢研所	3	路
552	2003-4	洛阳	725 研究所	3	路
553	2003-4	洛阳	725 研究所	3	材料的性能与结构
554	2003-8	哈尔滨	鑫科公司	2	人、才、材的命运
555	2003-8	宁波	52 所	2	人、才、材的命运
556	2003-9	秦皇岛	金属学会	1	人、才、材的命运
557	2003-9	秦皇岛	燕山大学	1	人、才、材的命运
558	2003-9	秦皇岛	燕山大学	4	路
559	2003-9	沈阳	东北大学	2	人、才、材的命运
560	2003-9	沈阳	金属研究所	2	人、才、材的命运
561	2003-10	北京	北京科技大学	2	材料学者行路悟知
562	2003-10	北京	北京腐蚀学会	1	想法与方法
563	2003-11	长沙	湖南大学	3	路
564	2003-11	长沙	湖南大学	2	想法与方法
565	2003-11	长沙	湖南大学	2	人、才、材的命运

续表 11-4

编号[①]	年月	地点	单 位	时数	题 目
566	2003-11	长沙	明德中学	0.5	中国的人才
567	2003-11	南京	东南大学	1	我国经典著作启示
568	2003-11	南京	金属学会	0.5	想法与方法
569	2003-11	江阴	市科协	1.5	人生七路
570	2003-11	兴澄	市科协	0.5	座谈会
571	2003-11	兴澄	市 府	0.5	座谈会
572	2004-3	北京	北京科技大学	2	人文素质教育(1)
573	2004-3	北京	北京科技大学	2	人文素质教育(2)
574	2004-3	北京	北京科技大学	2	人文素质教育(3)
575	2004-3	北京	北京科技大学	2	人文素质教育(4)
576	2004-3	北京	北京科技大学	2	人文素质教育(5)
577	2004-4	北京	北科大管庄分校	2	人文素质教育(1)
578	2004-4	北京	北科大管庄分校	2	人文素质教育(2)
579	2004-10	北京	北京航空航天大学	3	材料与人才
580	2004-12	北京	北京科技大学	2	材师行路悟知
581	2005-1	北京	北京理工大学	1.5	宏观材料学历史
582	2005-3	北京	北京师范大学	2.5	问题与方法
583	2005-8	北戴河	金属学会	0.5	材料学三字经
584	2005-8	南阳	中科院学术组	1	知识三元系
585	2005-8	锦州	锦州石化公司	1	座谈会
586	2005-9	锦州	辽宁工学院	2	知识三元系
587	2005-9	北京	NACE	0.5	腐蚀的有益作用
588	2005-10	北京	北京科技大学	2	学习的浅悟初识

续表 11－4

编号[①]	年月	地点	单　位	时数	题　目
589	2005-10	北京	北京腐蚀学会	1	知识三元系
590	2005-12	北京	北京理工大学	2	知识三元系
591	2006-3	青岛	725 所	1	知识三元系
592	2006-4	武汉	武汉科技大学	3	问题与方法
593	2006-4	武汉	武汉科技大学	3	知识三元系
594	2006-5	成都	西南交通大学	1.5	问题与方法
595	2006-5	成都	西南交通大学	1	知识三元系
596	2006-6	北京	钢铁研究总院	2	知识三元系
597	2006-7	北京	北京科技大学	2	学习与创新
598	2006-7	太原	太原钢铁公司	1	学习与创新
599	2006-9	潍坊	市人事局	0.5	学习与创新
600	2006-10	绵阳	西南科技大学	2	学习与创新
601	2006-10	绵阳	西南科技大学	2	知识三元系
602	2006-10	绵阳	金属材料学会	0.5	开幕词十二点
603	2006-10	上海	上海电力学院	2	学习与创新
604	2006-10	上海	华东理工大学	2	学习与创新
605	2006-10	北京	北京科技大学	0.5	学习与创新
606	2006-11	北京	博士沙龙	1.5	材料学方法论
607	2006-11	北京	读书会	2.5	学习与创新
608	2006-11	北京	博士沙龙	2	学习与人生
609	2006-11	潍坊	潍坊学院	2	材料与人才
610	2006-11	潍坊	潍坊学院	2	问题与方法
611	2006-11	潍坊	潍坊学院	2	知识三元系
612	2006-11	潍坊	潍坊学院	2	学习与创新

续表 11-4

编号①	年月	地点	单　位	时数	题　目
613	2006-11	潍坊	潍坊学院	2	座谈会
614	2006-12	北京	北科大文法院	2	治学体会漫谈
615	2007-1	上海	宝　钢	2	学习与创新
616	2007-3	北京	北科大报告厅	2	简陈材料学
617	2007-3	北京	北科大研究生	2	问题与方法
618	2007-4	北京	北科大材料院	2	反馈与耗散
619	2007-5	北京	北科大材料院大三	2	材料与人才
620	2007-5	北京	北科大材料院大三	2	问题与方法
621	2007-6	潍坊	潍坊学院	2	反馈与耗散
622	2007-6	潍坊	潍坊学院	2	人事物的道理
623	2007-8	秦皇岛	金属学会	1	材料学者的数学
624	2007-10	江油	腐蚀学会	1	材料学者的数学
625	2007-11	北京	北科大材物系	2	学习与创新
626	2007-11	张家界	金属学理事会	0.5	韵文颂
627	2007-6-26	讯 TV	对话访问	1	知识三元系
628	2007-12	北京	北科大材物系	1	材物入门介绍
629	2008-5	北京	北科大材物大三	3	学习学初悟
630	2008-6	武汉	武汉科技大学	4	学习学初悟
631	2008-6	北京	韧性讨论会	0.5	材料的韧性
632	2008-8	北京	北科大材物大一	2	材料与人才
633	2008-11	上海	相变报告会	0.5	相变要点
634	2008-12	潍坊	潍坊学院	2	学习学初悟
635	2008-12	潍坊	潍坊学院	2	学海拾贝
636	2009-5	北京	北科大材料大三	2	材料与人才
				2	问题与方法

① 1957～1999 年的学术报告为 1～486 号。

五、材料宏观及综合问题论文目录

1949 年至今，著者在材料宏观及综合问题方面的论文目录如下：

(1) 1949 ~ 1960 年。（美国）

[1] Preparation of WC-TiC under Vacuum and Inert Atmosphere. MS Thesis, Missouri School of Mines and Metallurgy, Master Thesis, 1949:89.

[2] The Volatility of Metallic Sulides and Their Treatment by Vcuum Metallurgy. Ph. D. Thesis, University of Missouri, 1950:267.

[3] Apparent Vapor Pressure of Several Metallic Sulfides. J. of Metals, 1952(4):65-69.

[4] A Study of Austenitic Cr-Mn-C-N Steels and Their Applicability for Elevated Temperature Service in Aircraft. WADC Report, AF33(616)-3318, Feb. 1957:60(Tables 53, Figures 54).

[5] Hsiao C, Dulis E J. Precipitation Reactions in Austenitic Cr-Mn-C-N Steels. Trans. ASM, 1957(49):655-685.

[6] Hsiao C, Dulis E J. Phase Relationship in Austenitic Cr-Mn-C-N Steels. Trans. ASM 1958(50):773-802.

[7] Hsiao C, Dulis E J, Payson P. Austenitic Cr-Mn-C-N Steels for Elevated Temperature Service(May 31, 1957 Applied). US Patent No. 2,909,425, Oct. 20, 1959:8(plus diagrams).

[8] Hsiao C, Dulis E J. Effect of Interstitial Carbon Plus Nitrogen and Precipitation Reactions on the Properties of Austenitic Cr-Mn-C-N Steels. Trans, ASM, 1960(52):855-877.

(2) 1958～1966 年。

[1] 铬锰碳氮奥氏体不锈耐热钢的研究. 金属学报,1958(3),2:138-180.

[2] 关于18-8不锈钢中镍的节约问题. 钢铁,1958,1:40-45.

[3] 高速度发展不锈耐热钢的展望. 冶金部不锈钢会议大会报告,大冶钢厂,1960-4:14.

[4] 不锈钢发展趋势. 社会主义国家标准化机构代表会议资料,北京,1962-11:33.

[5] 亚稳固溶度及亚稳相. 北京钢铁学院科研报告论文集,1964:42.

[6] 复相不锈钢的相界面能及界面沉淀. 北京钢铁学院科研报告论文集,1964:6.

[7] 铈在工业纯镍中的净化及合金化作用. 稀土应用论文集(基础部分),1965:85-89.

[8] 晶界结构与晶间腐蚀. 中国腐蚀与防护学会上海报告会,1965:19.

[9] 金属及合金的晶间腐蚀问题. 全国腐蚀和防护科学技术会议报告集,北京:科学出版社,1966:3-13.

(1967～1973 年"文化大革命")

(3) 1974～1979 年。

[10] 不锈钢在多晶硅生产中的腐蚀问题. 硅质量会议,上海,1974-1:24.

[11] 不锈钢金属学问题的进展. 金属材料研究,1975(3),2:5-58;3:150-198.

[12] 断裂力学在大锻件中的应用. 大型铸锻件文集(第十七集)1976:1-42.

[13] 韧化原理及工艺. 国外金属材料,1977,2:1-64;3:1-64;

4:1-26.

[14] 化学介质与断裂过程. 断裂物理与断裂化学学术讨论会文集,武汉大学,1978:126-161.

[15] 表面裂纹产生和发展的研究. 航空科技,HK78014:18.

[16] 关于表面裂纹的研究. 力学学报,1979-7,3:294-297.

[17] 焊接结构的缺陷和焊接脆性的断裂力学的分析. 冶金结构,1979,2:40-46.

(4) 1980~2009年。

1) 1980~1984年:

[1] 合金的能量与过程. 仪表材料,1980(11),5:1-11.

[2] 材料科学与工程的方法论. 湖北金属学会,1983,(11):1-58.

[3] 新产业革命与材料科学技术. 昆明市科协,1984,4:1-10.

2) 1985~1989年:

[4] 从材料科学与工程看新技术革命. 材料科学与工程,1985(4),2:1-10.

[5] 材料论与系统论. 中国机械学会材料学会第一届年会,1986,4:12-20.

[6] 材料的环境,结构和性能. 大自然探索,1987(6),2:2-11.

[7] 材料性能分析方法. 材料科学与工程,1987(6),3:8-15.

[8] 材料学的发展与展望. 面向未来—高新技术讲座,中国友谊出版公司,1987:61-90.

[9] 材料的科研与展望. 宇航材料与工艺,1988,1:1-10;2:1-6.

[10] 诗二首:材料与人才;奇迹. 科协通讯,1989,2:30.

[11] 材料的失效分析,性能预测和结构设计. 兵器工业科学与工程,1989,1:1-11.

3)1990～1994年：

[12]　序——磨损金属学.李健明编著.北京：冶金工业出版社,1990：Ⅱ-Ⅴ.

[13]　理性认识在实际与认识过程中升华.中国基础研究百例,北京：能源出版社,1990：425-429.

[14]　材料学的结构论.中国机械学会材料学会第二届年会,1990：6-11.

[15]　稀土在钢中应用的几点分析.中国稀土学会第二届学术年会,1990：T4-T14.

[16]　序——金属力学性能与失效分析.杨道明编著.北京：冶金工业出版社,1991.

[17]　材料学海拾贝.材料科学与工程,1993(11),1：1-14.

[18]　热处理与韧化.金属热处理增刊,1994,8：5-15.

[19]　稀土科技事业的机遇、改革、开放、发展、稳定.中国稀土学会第三届学术年会,1994：12-19.

[20]　学会与学科.中国腐蚀与防护学会15周年纪念文集,1994：2-11.

4) 1995年：

[21]　通论材料的性能、结构和工艺.材料科学与工程,1995(13),1：1-11.

[22]　不宜鼓励轿车进入家庭.科技日报,1995-3-1.

[23]　立足国情走自强不息的道路.中国科学报,1995-4-24.

[24]　材料学者的机械强度观.机械强度,1995(17),2：62-67.

[25]　简易材料论.北京科技大学学报,1995(17),4：303-314.

[26]　材料工作者学习宏观事物的思考.世界科技研究与发展,WSTRD,1995(17),4：3-8.

[27]　试从生产力结构论科教兴国的知与行.WSTRD,1995

(17),5:1-3.
[28] 类比与交叉. WSTRD,1995(17),6:9-14.
5) 1996 年:
[29] 腐蚀广论,诗九首. WSTRD,1996,(18),1:77-78.
[30] 科技研究与开发的类型与选题. WSTRD,1996(18),2:36-39.
[31] 智能材料的来龙去脉. WSTRD,1996(18),3/4:120-125.
[32] 对联二首:评家与学人:材料与人才. WSTRD,1996(18),3/4:172.
[33] 人文素质教育. WSTRD,1996(18),5:21-25.
[34] 环境、材料与发展、WSTRD,1996(18),6:25-31.
6) 1997 年:
[35] 计算与算计. WSTRD,1997(19),1:52-54.
[36] 论学习. WSTRD,1997(19),2:35-40.
[37] 抗断裂的材料设计. 纪念《金属学报》创刊 40 周年专辑,1997(33),2:113-125.
[38] 庆香港回归祖国《南乡子》. WSTRD,1997(19),3:14.
[39] 材料学与生物学的类比与交叉. WSTRD,1997(19),4:51-55.
[40] 应用学科的宏观问题和分支. WSTRD,1997(19),5:56-62.
[41] 经济结构和功能. WSTRD,1997(19),6:62-67.
[42] 环境与材料. 材料科学与工程,1997(15),2:1-9.
7) 1998 年:
[43] 生态材料论. WSTRD,1998(20),2:57-62.
[44] 十五年大局和两个热门话题——知识经济和生态在十五年大局中的作用. WSTRD,1998(20),4:76-80.

[45]　简易材料观. WSTRD,1998(20),5:84-88.
8) 1999 年:
[46]　环境断裂机理及控制措施. 腐蚀与防护,1999(20),1:5-8.
[47]　适中论. 国际技术经济研究,国务院发展研究中心,1999(2),1:1-8.
[48]　材料能量学的结构. 材料科学与工程,1999(17),1:1-6.
[49]　再论类比与交叉. WSTRD,1999(21),4:19-23.
[50]　对材料学科和产业的一些思考. 中国科技月报,1999,12:8-9.
[51]　第 14 届国际腐蚀会议(ICC)的学术论文综述. 腐蚀与防护,1999(20),12:531-532.
9) 2000 年:
[52]　宏观材料学的结构——技术科学分支的思考. 国际技术经济研究,国务院发展研究中心,2000(3)1:1-14.
[53]　漫谈功能过剩. 科技潮,2000,2:78-79.
[54]　材料学各分支的结构探讨. 材料科学与工程,2000(18),1:2-9.
[55]　微观材料学的两个基本方程和三个基础概念. 材料科学与工程,2000(18),2:1-8.
[56]　铁路车轴钢 50 与 40 的对比. 材料导报,2000(14),6:8-9.
[57]　新经济初探. 国际技术经济研究,国务院发展研究中心,2000(3),4:1-7.
[58]　材料物理教学体会. 北京科技大学学报,2000(22),5:389-395.
[59]　学习与学术经历.《纪念肖纪美院士八十寿辰文选》,北

京:科学出版社,2002:3-116.

10) 2001 年:

[60] 材料著作的阅读性. 材料科学与工程,2001(19),1:2-5.

[61] 明辨材料的"性质"与"性能". WSTRD,2001(23),2:4-6.

[62] 问题分析方法. 机械工程材料,2001(25),3:2-6.

[63] 对纳米晶体材料的思考. 材料科学与工程,2001(19),3:10-14.

[64] 科技浮躁有感. 科学时报,2001-10-25.

11) 2002 年:

[65] "三"与"二"——丰富多彩与多变创新. 材料科学与工程,2002(20),1:1-4.

[66] 关于人生问题的方程式. 科学时报,2002-10-20.

[67] 利用腐蚀的有益作用. 海峡两岸材料腐蚀与防护会议的大会邀请报告,青岛,2002-10.

12) 2003 年:

[68] 《易传》的名和义在科技、文化与经济中的应用. 吉首大学学报,2003(24),4:1-5.

[69] 反馈在认知微观材料学问题的应用. 材料科学与工程学报,2003(21),1:1-3.

[70] 简论"路". 材料科学与工程学报,2003(21),3:315-324.

[71] 人生问题的四个基本方程. 材料科学与工程学报,2003(21),5:625-629.

[72] 社会对科学的影响,科学对社会的影响. 2003,No. 4,院士来函,封里

13) 2004 年:

[73] 人,才,材的命运. 材料科学与工程学报,2004(22),3:

313-317.

[74]　融合论——“和如羹焉”. 材料科学与工程学报,2004(22),5:627-629.

14) 2005 年:

[75]　人才与材料的过程问题. 材料科学与工程学报,2005(23),4:473-475.

[76]　问题与方法——八个人世问题定江山,八个分析方法助解难. 金属材料研究,2005(31),4:1-11.

15) 2006 年:

[77]　知识三元系. 材料科学与工程学报,2006(24),1:1-5.

[78]　材料的定义及材料学的划分. 材料科学与工程学报,2006(24),4:481-483.

[79]　学习与创新. 材料科学与工程学报,2006(24),5:637-641.

[80]　文理交融. 金属材料研究,2006(32),3:1-3.

16) 2007 年:

[81]　简陈《材料学的方法论》十二点. 金属材料研究,2007(33),1:1-4.

[82]　创新论. 材料科学与工程学报,2007(25),1:1-4.

[83]　反馈与耗散结构. 材料科学与 工程学报,2007(25)3:325-329.

[84]　人·物·事的通理初探. 金属材料研究,2007(33),3:1-5.

17) 2008 年:

[85]　人文学科与材料学. 材料科学与工程学报,2008(26),1:1-7.

18) 2009 年：
[86] 《学习学初悟》提纲. 材料科学与工程学报,2009(27),1:1-8.

第三节 拾贝与贝雕

"我不知道我在世界面前是什么面貌,但是,我似乎曾是海滨上的一个玩童,不时地、高兴地在寻求异乎寻常的光滑卵石或漂亮的贝壳,而在我的面前,却是未曾揭露的巨大真理海洋"

——牛顿

一、学海拾贝

"拾贝"来源于牛顿的晚年警句,并广为流传。1990 年,著者曾以"海滨拾贝——论治学与做人"为题,在许多学校和科研等学术单位进行了广泛的学术交流。1993 年,《材料科学与工程》创刊 10 年,成绩斐然;恭贺之余,以"材料学海拾贝"为题,陈述个人在大学毕业后 50 年,特别是近 10 年来在材料学海浮沉漫游的体会。所拾之贝,既来自海滨,有时又需下海采集。"拾贝"概念,已扩展至"文海"、"书海"、"艺海"、"会海"……

诸海广深,众相繁多,1997 年 8 月在外科病房等候手术无事,试以四言诗九首"诸海众相",藉以推荐近年广为推崇的类比法。

诸 海 众 相

1997 年 8 月

(1) 引言　　风化山头,海汇百流;精磨沉积,瑰宝深留。

(2) 学者，觉者　学海拾贝，书海泛舟；艺海流连，佛海普渡。

(3) 疑者，难者　尧舜禅让？年老幽囚，百岁野死，史海重究。

博学审问，慎思自修，询难质疑，词海解忧。

(4) 贵者，富者　文海搔头，宦海沉浮；兵海血战，商海奇谋。

(5) 农者，工者　农者忙碌，滴滴汗流；观念转变，农海富有。

工者增收，效益紧缩；人浮于事，工海重组。

(6) 言者，闻者　言者无罪，批海难休；闻者足戒，无语低头[①]。

(7) 俗者，达者　评海剑影，竞海争优；舞海翩跹，海会漫游。

(8) 人皈自然　人海争先，车海竞烟；欲望无限，法海阻难。

草海绿茵，花海争艳；闲云野鹤，人归自然。

(9) 结语　有漏皆苦，苦海无边；科海悟世，医海解难。

① "言者无罪，闻者足戒"来源于《毛诗正义》"周南关雎"："上以风化下，下以风刺上。主文而谲谏，言之者无罪，闻之者足以戒，故曰风。"《十三经注疏》，中华书局，1980 年第 1 版，p291。

二、行知记实——简叙贝雕

——28 本学术著作溯源

呱呱坠地，是人初次进入人世的"行"，最后息气的"行"是离世的行；在这两行之间，人生有多少次的"知—行—知—行—知……"我这个士人，从 1962 年到 2008 年的 46 年，所编著出版的 27 本书，是我的"行知"的记录，这 28 本学术著作源于三处：教学需要；科研汇集；学海漫游。分述如下。

（一）教学需要（11 本）

(1)《金属材料腐蚀问题》(1962)

1958 年国家科委主持，在上海的复旦大学举办全国从事防

护金属腐蚀的人员训练班，我受聘从金属学角度讲授腐蚀，增修所编著的讲义，于 1962 年出版。

（2）《金属材料学的原理和应用》（1996）

1959 年我在上海钢铁研究所，随后在北京钢铁学院金属物理专业两次讲授“金属材料学”，突破苏联教材的体系，建立“以性能为线索的体系”，整理成书，1966 年上海科学技术出版社送书稿校对，由于“文革”的干扰，拖到 1996 年，再次修改，由包钢出版。

（3）《金属的韧性与韧化》（1980）（1982）

1973 年，我开始应用断裂力学从事材料失效分析的科研以来，深感“韧性”有时候较“强度”更重要，因而在短训班中，多次讲授“韧性与韧化”，1980 年出版此书，1982 年再次印刷。

（4）《合金能量学》（1985）

获 1988 年全国高校优秀教材奖。

（5）《材料能量学》（1999）

1980 年，我应材料仪表学会的邀请，发表“材料的能量与过程”一文，深感“能量”在分析材料问题时的重要性；同年在北京钢铁学院金属物理专业以同名开设这门课程（22 学时）。1982 年，这个专业取消了“物理化学”这门课程（120 学时），新开 72 学时的“合金能量学——能量的关系、计算和应用”，我讲授了两次；该书于 1985 年出版，并获 1988 年全国优秀教材奖。后增添了“不可逆过程热力学”，并少量修订，改名为《材料能量学》，1999 年出版，并获 2000 年华东地区优秀科技图书一等奖、2002 年全国优秀教材一等奖。（合作者：朱逢吾）

（6）《材料的应用与发展》（1988）（1990）（1992）

1988 年，为中央人民广播电台电视节目主讲“材料学”20 小时，所编著出版的教材，三次印刷，首次提出“材料学”与“宏

观材料学”概念；这本教材被授1990年全国优秀科技图书二等奖。

（7）《合金相与相变》（1987）（2004）

1985年在北京钢铁学院金属物理专业开设这门课程，1987年出版，获1992年全国高校优秀教材奖；2004年出新版。获1992年全国高校优秀教材奖。（合作者：田中卓、杜国维、高配钰）

（8）《材料学的方法论》（1994）

1983年开设这门课，在国内各地多次讲授后，1994年出版，获1995年全国优秀科技图书二等奖。

（9）《材料学方法论的应用》（2000）

多次讲授后出版，获2001年全国优秀科技图书二等奖。

（10）《问题分析方法》（2000）

获奖的科普丛书之一。院士科普书系。获2005年国家科学技术进步二等奖。

（11）《宏观材料学导论》（2004）

首次陈述这个新学科分支的概貌。

（二）科研汇集（6本）

（1）《高速钢的金属学问题》（1976）（1978）

1950年至1955年在美国从事这方面科技工作；20世纪70年代初，从事含铝高速钢的研究。这本书是这些工作的总结。

（2）《不锈钢的金属学问题》（1983）（2006）

1950年至1957年在美国及1957年回国后从事这方面科技工作的总结。2006年出版本书第2版。

（3）《应力下的金属腐蚀》（1990）

与“断裂力学”及“断裂物理”平行，提出“断裂化学”。

（4）《腐蚀总论》（1994）

仿“材料学”，将“腐蚀学”也分为“微观”及“宏观”两个分支论述。

（5）《材料腐蚀学原理》（2002）

本书为《现代腐蚀科学和防蚀技术全书》中的一本，采用《腐蚀总论》的体系：微观腐蚀学的第2章“电化学腐蚀”由曹楚南院士改写；其余由肖纪美修改，并增加第13章“腐蚀的应用”。

（6）Chi-mei Hsiao，“Chapter 4 Iron and Steel”《Microstructure and Properties of Materials》，Vol. 2 Ed. By J. C. M. Li Sigapore：World Scientific，2000，p179-334（合作者：张统一）

（三）学海漫游（8本）

（1）《士心集》（1999）

士心为志，诗以言志，收集韵文286首。

（2）《志怀集》（2004）

第二本韵文集，共478首。

（3）《学习与学术经历》（2000）

经历，史也。

（4）《治学体会漫谈》（2002）

谈史有获。

（5）《行路悟知录》（2005）

行路悟知九论：道理；方法；材料；问题；命运；学习；科研；读书；著作结构。

（6）《我国理工科大学生人文素质教育初悟》（2005）

人文素质教育：读文史哲的体会；人生七路；想法和方法；命运和选择。

（7）《情理论说文集》（2007）

分七篇，论述七个问题：导论；问题；方法；知识三元系；教学，学术；人生。

（8）《行知集》，（2008）

第三本韵文集，286 首，分四篇：漫谈材料，人生波涛，学习拾锦，稀体新雕。

（方法论三本《材料学的方法论》、《问题分析方法》、《材料学方法论的应用》可互参）

第四节　教学相长

——大学之间授课交流

从 1957 年到 2008 年，著者在北京钢铁学院（1988 年改为北京科技大学）任教授以来，由于 1980 年不知不觉地当选为中国科学院学部委员（后改称为院士），又受到各方面的爱护和照顾，未担任我不能胜任的管理工作，因此，我能坚守教授岗位，乐于在第一线从事教学和科研工作。减去 1967 年到 1972 年“文化大革命”六年的干扰，从 1957 年到 2008 年的 48 年，担任 627 次讲课或学术报告。从表 11－5 抽出其中有代表性的、在国内高校交流的 98 次讲课或学术报告，除下列 12 校有多次交流外，其他各校只有一次：

北京钢铁学院及北京科技大学 ………………………… 22 次
西南交通大学 …………………………………………… 3 次
福州大学 ………………………………………………… 3 次
厦门大学 ………………………………………………… 3 次
中南大学 ………………………………………………… 2 次
华东冶金学院 …………………………………………… 2 次

四川工学院 …………………………………………… 2 次
潍坊学院 ……………………………………………… 3 次
清华大学 ……………………………………………… 2 次
华中工学院 …………………………………………… 2 次
武汉科技大学 ………………………………………… 2 次

表 11－5　首次或多次在国内大学讲学统计表

序号	年份	城市	学　校	讲　题	小时
1	1958	北京	北京钢铁学院	不锈钢及耐热钢	8
2	1958	上海	复旦大学	腐蚀金属学	12
3	1959	北京	北京大学	金属材料学	12
4	1959	天津	南开大学	金属材料学	12
5	1960	北京	北京钢铁学院	金属材料学	20
6	1961	北京	北京钢铁学院	金属材料学	24
7	1962	北京	北京钢铁学院	合金相理论	18
8	1962	北京	北京钢铁学院	脱溶沉淀	18
9	1963	北京	北京钢铁学院	金属物理	30
10	1964	北京	北京钢铁学院	扩　散	18
11	1966	北京	北京钢铁学院	金属物理	9
12	1975	北京	北京钢铁学院	合金结构学	40
13	1977	齐齐哈尔	东北重机学院	相图与相变	3
14	1980	北京	北京钢铁学院	合金的能量与过程	22
15	1982	北京	北京钢铁学院	合金热力学	70
16	1982	贵阳	贵州工学院	材料科学与工程	9
17	1982	福州	福州大学	材料科学与工程	3
18	1983	广州	华南工学院	材料科学与工程	3

续表 11－5

序号	年份	城市	学　校	讲　题	小时
19	1983	昆明	昆明工学院	材料论	3
20	1983	北京	北京钢铁学院	合金能量学	40
21	1983	北京	北京钢铁学院	方法论	12
22	1984	厦门	厦门大学	材料学的方法论	3
23	1984	西安	西安交通大学	改革浅见	1
24	1984	上海	上海工业大学	材料论	3
25	1984	廊坊	管道学院	管道断裂力学分析	3
26	1985	北京	北京钢铁学院	材料学的方法论	6
27	1985	北京	北京钢铁学院	材料论与系统论	1
28	1985	北京	北京钢铁学院	材料与人才	3
29	1985	北京	北京联合大学	材料论与系统论	3
30	1985	长沙	国防科技大学	材料学的方法论	28
31	1985	长沙	中南矿冶学院	金属物理教育	2
32	1985	武汉	武汉钢铁学院	系统、材料、人才	6
33	1986	广州	广东工学院	系统、材料、人才	3
34	1986	北京	北京钢铁学院	材料学的方法论	15
35	1986	北京	北京钢铁学院	合金能量学	40
36	1986	济南	山东工业大学	材料学方法论	2
37	1986	重庆	重庆大学	材料与人才	2
38	1987	武汉	华中工学院	宏观材料学	3
39	1988	北京	北京管理学院	新形势下的浅思	2
40	1988	北京	北京科技大学	材料学的方法论	40
41	1988	武汉	武汉大学	失效分析与材料	1

续表 11－5

序号	年份	城市	学　校	讲　题	小时
42	1989	天津	天津大学	材料科研与教育等	6
43	1990	北京	清华大学	材料与人才	2
44	1990	兰州	兰州大学	材料学讲座	25
45	1991	北京	北京理工大学	断裂化学	3
46	1991	杭州	浙江大学	断裂化学及交叉	3
47	1991	合肥	合肥工业大学	材料学讲座	24
48	1991	合肥	炮兵学院	研究生培养	1
49	1991	合肥	安徽工学院	海滨拾贝	3
50	1991	合肥	华东冶金学院	海滨拾贝	3
51	1991	合肥	华东冶金学院	钢铁问题分析方法	3
52	1992	洛阳	洛阳工学院	海滨拾贝	3
53	1992	咸阳	轻工业学院	材料学三讲	8
54	1992	成都	西南交通大学	材料学四讲	24
55	1992	郫县	四川工学院	海滨拾贝	3
56	1993	成都	四川工学院	材料问题分析方法	5
57	1993	武汉	华中工业大学	材料学海拾贝	3
58	1994	北京	清华大学	拾贝与贝雕	2
59	1995	北京	北京航空大学	简易材料论	4
60	1995	郑州	郑州工学院	材料学五论	11
61	1996	北京	北京科技大学	材料学与文法交叉	3
62	1996	广州	广东工业大学	简易材料论	3
63	1996	上海	上海交大	简易材料论	3
64	1996	成都	西南交大	类比与交叉	3

续表 11 - 5

序号	年份	城市	学　校	讲　题	小时
65	1996	赣州	南方冶金学院	材料学讲座	19
66	1996	沈阳	东北大学	材料学讲座	6
67	1996	哈尔滨	哈尔滨工业大学	简易材料论	3
68	1997	太原	太原工业大学	材料学五论	15
69	1998	北京	北京石油大学	简易材料论——类比	5
70	1998	长春	吉林工业大学	材料学讲座	10
71	1998	锦州	辽宁工学院	简易材料论——类比	6
72	1999	长春	吉林工业大学	问题分析方法	16
73	2000	长沙	中南大学	问题分析方法	10
74	2000	台南	成功大学	简易材料论	2
75	2000	高雄	科技大学	简易材料论	2
76	2000	台北	台北科技大学	类比与交叉	2
77	2000	哈尔滨	哈尔滨工程大学	类比与交叉	2
78	2000	北京	北京软件学院	问题分析方法	2
79	2001	厦门	厦门大学	问题分析方法讲座	14
80	2001	福州	福州大学	问题分析方法讲座	10
81	2001	太原	太原理工大学	问题分析方法讲座	14
82	2001	哈尔滨	哈尔滨理工大学	治学经历漫谈	2
83	2002	北京	北京师范大学	我国经典著作启示	2
84	2002	长沙	湖南电力学院	材料学讲座	14
85	2002	湘潭	湘潭大学	学与习讲座	11
86	2002	镇江	苏州大学	路	3
87	2002	镇江	船舶学院	路	3

续表 11-5

序号	年份	城市	学 校	讲 题	小时
88	2003	秦皇岛	燕山大学	路	14
89	2003	南京	东南大学	我国经典著作的启示	1
90	2005	锦州	辽宁工学院	知识三元系	2
91	2006	绵阳	西南科技大学	知识三元系	2
92	2006	上海	上海电力学院	学习与创新	2
93	2006	上海	华东理工大学	学习与创新	2
94	2006	潍坊	潍坊学院	学习五讲	10
95	2007	潍坊	潍坊学院	反馈与耗散,通理	4
96	2008	北京	北京科技大学	学习学初悟	4
97	2008	武汉	武汉科技大学	学习学初悟	2
98	2008	潍坊	潍坊学院	学习学初悟, 学海拾贝	4
99	2009	北京	北京科技大学	学习学初悟	4

第五节 为人处事的启示

在第一章比较“教育学”与“学习学”时,表1-1的第1项指出:学习学“以智为主,兼顾德”。“学习学”指导我们如何“做事”,也可启示我们如何“为人”。

下面的人生悟知五言八首及人生问题四方程,也许可启示我们如何“为人”和“处事”。

一、人生悟知五言八首

一

诸法因缘起[①]，　反馈创新知。
宇宙人间事，　报应不止息。

二

呱呱坠地时，　饥寒哭传信；
青壮入社会，　名利是所志[②]。

三

己所勿欲事，　施人不适宜[③]。
社会需和谐，　立达共合时[④]。

四

己人谁先立，　需靠社会势；
人己均欲达，　共达各有志[④]。

五

竞争有正道，　权术只暂时；
歪门斜暗开，　隐藏难维持。

六

社会需前进，　群策共奋力。
公平赖法治，　众人齐欢起。

七

民主保公平，　安定靠诚信；
和谐又创新，　中华和平景。

八

暮鼓和晨钟，　名利需惊醒；
中外圣贤语，　唤回梦迷人⑤！

① 佛语[32]p19："因"和"缘"就是"关系"和"条件"。也分别是矛盾论中的"内因"和"外因"，材料学中的"结构"和"环境"。

② 荀子的性恶说及英国亚当·斯密的"一支看不见的手"学说。

③ "己所不欲，勿施于人。"（《论语》卫灵公 15.24）

④ "仁者，己欲立而立人，已欲达而达人。"（《论语》雍也 6.30）

⑤ 济南千佛山兴国寺门口对联：

暮鼓晨钟，　惊醒世间名利客；
钟声佛号，　唤回苦海梦迷人。

二、人生问题四方程

世界上的人很多，每个人所面临的问题也不少；这些众多问题（Q）的定义（2）、系统的功能（4）与系统的结构（3）可归纳为下列四个方程：

（1）$u = s + e$

（2）$Q = A - D$

（3）$S = \{E, R\}$

（4）$P = f(S, e)$

式中，u，s 及 e 分别是宇宙、系统及环境；Q 是问题，A 是实有的，D 是应有的；S 是系统的结构，E 是系统中的组元，R 是组元之间

关系的集合；P 是系统的功能（若研究的对象是材料或人才，则 P 分别是材料的性能或人才的才能）。通过四个方程，材料的物理、人才的人理和事情的事理可以通融而相互借鉴。

汉字方块字很有趣味，试以“宝塔诗”格式，表述人生问题四方程。

宝塔诗	方程
一	
宇宙	→ u
划二分	
系统环境	→ $u=s+e$
内因与外因	
环境作用系统	→ $e \to s$
结果表现为性能	→ $P=f(e,s)$
繁多众人问题纷纭	
组元之间关系定结构	→ $S=f(E,R)$
实有减去应有确定问题	→ $Q=A-D$
解决四类人生问题定乾坤	

三、临　江　仙

我从小就喜看《三国演义》，1986 年 7 月 18 日，我受包头市科委邀请做学术报告，意识到听众中有不少蒙族同胞，仿《三国演义》第一回的领首词“临江仙”，试填“游包头”，歌颂成吉思汗，激发听众兴趣。

在下面，仍以“临江仙”词牌，试填“拾贝与贝雕”。

（一）《三国演义》 第一回

滚滚长江东逝水，浪花淘尽英雄。

是非成败转头空；

青山依旧在，几度夕阳红。

白发渔樵江渚上，惯看秋月春风。

一壶浊酒喜相逢；
古今多少事，都付笑谈中。

（二）游包头

1986年7月18日

滔滔黄河恋河套，白沙育出天骄。
驰骋欧亚谁试刀？
青山依旧在，几度再游包。
公务引我又重来，喜看旧地新貌。
塞外江南试比高；
四化征途中，文采又风骚。

（三）拾贝与贝雕

2008年3月11日

滔滔学海浪推浪，　浪花乐尽青少。
是非成败需计较：
绿山依旧在，渴望群叫好。
青少学人海滩上，勤拾丽贝奇宝。
构造贝雕试比高：
治学征途中，成就伴欢笑。

四、中外名言警句座右铭

人活到老，　学到老；
警言名句，　供参考。

（1）“学而时习之”。

——《论语》学而 1.1

学与习，　知与行；

依次进，　丰收盛。

（2）“仕而优则学，学而优则仕。”

——《论语》子张 19.13

士与仕，　均职称；

先保职，　应认真！

（3）“其恕乎！己所不欲，勿施于人。”

——《论语》卫灵公 15.24

（4）“夫仁者，己欲立而立人，己欲达而达人。”

——《论语》雍也 6.30

赞恕道，　人欢欣；

仁道盛，　和谐兴！

（5）“博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之。”

——《十三经注疏》礼记正义一中庸第三十一，1632 页

去掉五个“之”，成十字。

十字训，　五步成；

学行事，　人上进。

（6）“在科学发展上，可以得到最大收获的领域，是各种建立起来的部门之间被人忽视的无人区。”[32]p2

交叉区，　无人问；

新领域，　丰收迎。

（7）“在科学的一个分支部门里所发展起来的一种思想方法，往往能够用来解释表面上完全不同的结果。”[18]p23

新方法，　勇引进；

刃工具，　破坚行！

（8）“我不知道我在世界面前是什么面貌，但是，我似乎曾是海滨上的一个玩童，不时地、高兴地在寻求异乎寻常的光滑卵石或漂亮的贝壳，而在我的面前，确是未曾揭露的巨大真理海洋。”——牛顿

我曾将从学海所拾的贝壳，组成27部著作出版，类似“贝雕”而面市。

学海滩，　拾贝料；
巧组装，　成贝雕。

五、花坛诗——问题分析方法

2001年3月22日　　　　北京

问　　　题
宏微　　　分析①
演归比　　　三推理②
形质作的　　　亚氏四因③
外内过能性　　　道理尽入围④
宇宙运行是非
不易变易简易⑤
人间正道何依归
专家落后忆往昔
环境巨变需通才
类比交叉宜远思
博学审问慎思明辨奠基⑥
生态算计适中扬帆腾飞⑦

① 宏微——宏观、微风；
② 归纳、演绎、类比——三推理；

③ 形式、质料、作用、目的——亚里士多德四因论；

④ 外内过能性——外因、内因、过程、能量、性能；

⑤ “易一名而含三义：易简一也，变易二也，不易三也。”

⑥ “博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之。”（《中庸》）

⑦ 处事三论：生态、算计、适中。

六、趣　联

（一）姜女庙大门的趣联

1996 年 8 月 28 日　河北　秦皇岛

秦始皇统一中国后，招集大量民工，建造和连接燕、赵、秦三国的长城而成世界闻名的万里长城。功与过，后人各有评说。当时不少民工的爱妻长城苦寻夫，后人纪念此事，在渤海之滨的山顶建“姜女庙”，怀念孟姜女长城寻夫的苦恋事。庙的前门，面临渤海听海潮；有一首让人难以理解的趣联（原联无标点符号）：

浮云长，长长长，长长长消；

海水朝，朝朝朝，朝朝朝落。

上联 10 字中，有 7 个“长”字；下联 10 字中，有 7 个“朝”字；如何理解？

“长”有二义：长短的长，记为$长_1$，生长的长，记为$长_2$；

“朝”有二义：早晨的朝，记为$朝_1$，海潮的朝，记为$朝_2$

则对联可理解为：

浮云$长_1$，$长_1$ $长_1$ $长_2$，$长_1$ $长_2$ $长_1$ 消；

海水$朝_2$，$朝_1$ $朝_1$ $朝_2$，$朝_1$ $朝_2$ $朝_1$ 落。

（二）长沙——常德——无锡——常熟巧对联

2003年11日15日

湖南长沙有白沙井，井水清澈无沙；常德有德山，传说有德。故有巧对：

长沙沙水水无沙；

常德德山山有德。

合并之后，是否还能找到下联？多次学术出差到苏南，知道“无锡锡山山无锡”，还有一半如何办？2003年11月15日晨由江阴去南京，经常熟，喜获答句：

长沙沙水水无沙；　　常德德山山有德。

常熟熟果果常熟；　　无锡锡山山无锡。

中文真有趣味！

第十二章　结论

借用英语中含有“W”的六个疑问代名词或副词议论，结束本书：

我（who）年近90（when），幸运地在北京科技大学（where）专任教授53年，尝试从如下三个方面论述，结束本书：

（1）为什么（why）要建立“学习学”？

（2）学习学有什么内容（what）？

（3）如何（how）开展这方面工作？

它们也分别是本章三节将扼要地讨论的学习学的目的、内容和工作。

第一节　学习学的目的

应该反复强调，不要陷入汉语“一词双字”的困境，如男人、女子等，应该强调：“学习”是双字词：

学习＝学＋习＝知＋行

虽然这两种行为是有关的，并且经常连在一起；但应强调，人们对它们的要求是不同的。

研究“学与习”的知识聚合，可称为“学习学”。

它与“教育学”是不同的；第一章表1－1从10个方面比较了它们之间的区别，绝不应偏袒一方。

参考表1－1对学习学和教育学的比较,尝试归纳:

“学习学的目的是为广泛自愿学习的人群,提供一些自由自在的、自我选择的有关‘学’与‘习’的基本概念和方法,提高终身学习的兴趣。”

第二节 学习学的内容

《十三经注疏》[29]p1632“礼记正义”“第五十三卷——中庸”对“学问思辨行”的要求,说得很简明扼要:

“博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃行之。”

上句15字,除去5个助词“之”,仅余10字;分五小节,说明从“学”到“行”(即“习”)的内容要求。

一、博学

学什么?为了贯彻执行邓小平关于教育要“三个面向”的指示:

“教育要面向现代化,面向世界,面向未来。”[14]p35

为此,我认为大学教育应抓好三个方面、六个字:

“大学教育应抓好:基础;方法;英语。”

如何学?

“读书是学习,使用也是学习,而且是更重要的学习。”[31]p165

“读书”与“使用”并重,不可偏袒!

对于“博”,《老子》第81章有所纠偏[30]p167:

“知者不博,博者不知。”

知者，由于专一，故不广博；博者，所接触者广，故难于专工深知。对治学者，在时间的支配上，也确有矛盾。因此，在治学的分工上，应有主次：以专为主，以博导专、助专；方向明，道路对，有助于专的进展；而博的这种运用，也使用途广、基础牢。

知识的"专"与"博"是对立的统一，"学"首先要弄懂，然后扩充而求博。

二、审问

问什么？要从正反两方面，也就是从赞成和反对两方面提出问题，像法官审案那样提出问题。

外国教授对中国留学生的普遍性意见是，不会和不愿提问。提问是为了求真；不提问，不审问，如何能求真？

顾名思义，学问便是既学且问。

三、慎思

思需反复，才叫慎；慎思才能获真知。不能重复的实验，结果不能取信于人，自己也不能相信。

四、明辨

通过博学—审问—慎思而求真的三步曲，才能达到明辨是非的目的。

五、笃行

"笃"="竹"+"马"；家马受主人照顾，很听主人的话，随着主人竹鞭的意向忠实地行走，叫做"笃行"。

第三节　学习学的开展

激发人们学习的欲望是最主要的工作，可从如下三个方面激发这种欲望：

（1）求职谋生——这是最广泛而基本的，通过学习，提高能力，找到工作，维持生存。

（2）提职升级——俗话说升官发财，也就是说，对社会做出更大的贡献，个人得到富贵的享受。

（3）发明创新——我曾两次总结这方面的看法：

"学习与创新"[16]（2006）"创新论"[17]（2007）可供参考。

引两句名人语录，指出类比交叉法在"创新"中的重要作用：

（1）"在科学发展上，可以得到最大收获的领域，是各种建立起来的部门之间被人忽视的无人区。"

——N. 维纳《控制论》，科学出版社，1985，p2

（2）"在科学的一个分支部门所发展起来的思想方法，往往能够用来分析表面上完全不同的结果。"[18]p173

最后，应该强调：发展学习学最重要的一个环节是鼓励和培养学生（参加自学的人）好奇、好问的兴趣，博览群书，类比交叉地前进！

第四节　韵文小结本书要旨

汉字韵文表达情意，言简意赅，自有风趣；试作四首，分陈要旨。

一、《学习学初悟》

十二句七言韵文概述十二章要旨

2008年7月27日

开篇导论释疑团，　发明发现难开颜；
微观问题有几许？　能量分析助解难。

因果命运人常叹，　过程分析笑开颜；
反馈耗散启新意，　进化学说解疑难！

基础方法应掌握，　名言警句防自骗！
三段结语需牢记，　实践悟知勤考验！

二、两种分析方法

2008年6月10日

逻辑分析

明确概念循定义，　扩展思路靠推理：
演绎前人短捷径；　归纳类比涌创机！

系统分析

组元关系定模型；　目标函数需追寻；
极值正是待求事，　极大极小人自定。

三、处事哲理

2008 年 6 月 10 日

因 果 报 应

人物事理因果道，　　内外二因命运造。
结构环境勤反馈，　　天地人间布满报。

佛 教 法 印

无我诸法自循理，　　诸行无常宇宙知；
有漏皆苦应谨记，　　涅槃寂静微笑美。

四、因缘如何起

2008 年 6 月 4 日

宇宙人间正道是沧桑，
凡人专家苦思寻主章。
古今中外圣贤指正径，
酸甜苦辣途中自欣赏！

众人已悟诸法因缘起：
勤奋苦修长年强内因，
旅途漫漫外缘何处寻？
强命安身静候外来运！

附　　录

附录1　人文学科与材料学

——材料学引入人文学科的溯源和体会

该附录发表在材料科学与工程学报26(2008),No.1,1－7页

1　引　　言

夕阳无限好，　　只是近黄昏；

月夜静明丽，　　引人清思纯。

引水思源谢师长，

面向学海应自谦！

余,1920年12月出生;留学美国十年,1957年皈国,在北京钢铁学院(1988年改名为北京科技大学)任金属物理教授。由于1980年当选为中国科学院“学部委员”,后改称为“院士”,故仍未退休。

我应感谢冶金工业部及北科大的各级领导的爱护,使我士而未仕,安心在教学和科研第一线工作。我开设了八门课:金属材料学[11]:金属物理;合金相与相变[6];材料学的方法论[10];金属腐蚀学[19];金属的韧性与韧化[3];应力腐蚀与氢脆[8];扩散。编著并出版了大部分教材,如上所注。从1981年到1997年,我

12 次受邀在国际学术会议上作了学术报告。

本文尝试从表 1 所列的著作,总结我的学术思维的形核与长大,特别是“哲”学中的“方法论”对我学术成长的影响,以及我国韵“文”对表述的积极作用,并尝试用“过程论”的角度理解“史”的演变。

表 1　出版的著作

序号	书　名	出版单位	出版时间 年/月	字数 /千字	累计 /千字
1	金属材料的腐蚀问题	中国工业	62/08	271	271
2	高速钢的金属学问题	冶　金	76/08	74	345
3	金属的韧性与韧化	上海科技	80/10	464	809
4	不锈钢的金属学问题	冶　金	83/09	389	1198
5	合金能量学	上海科技	85/07	535	1733
6	合金相与相变	冶　金	87/04	540	2273
7	材料的应用与发展	宇　航	88/07	470	2743
8	应力下的金属腐蚀	化　工	90/04	414	3157
9	腐蚀总论	化　工	94/05	323	3480
10	材料学的方法论	冶　金	94/12	321	3801
11	金属材料学的原理和应用	包　钢	96/10	687	4488
12	士心集	广东教育	99/12	156	4644
13	材料能量学	上海科技	99/12	510	5154
14	材料学方法论的应用	冶　金	00/04	272	5426
15	梳理人、事、物的纠纷	清华大学	00/04	146	5572
16	Microstructure and①	World Sci.	00/	156	5728
17	学习与学术经历②	科　学	00/11	116	5844
18	治学体会漫谈	冶　金	02/09	156	6000

续表 1

序号	书　名	出版单位	出版时间 年/月	字数 /千字	累计 /千字
19	材料腐蚀学原理	化　工	02/09	451	6451
20	志怀集	冶　金	04/01	250	6701
21	合金相及相变(第二版)	冶　金	04/03	541	7242
22	宏观材料学导论	哈工大	04/06	287	7529
23	理工科大学人文素质初悟	冶　金	05/09	147	7676
24	行路悟知录	化　工	05/10	177	7853
25	不锈钢的金属学问题(2 版)	冶　金	06/08	438	8291
26	情理论说文集	冶　金	07/12	219	8510
27	行知集	冶　金	08/07	156	8666

注:① Microstructure and Properties of Materials, Ed. by J C M Li, Word Scientific, 2000, p 179-334;

② 《纪念肖纪美院士八十寿辰文选》,科学出版社,2000,1-116。

命　运　论

材料、人才和人的"命": "运": 他们的表现	物质结构、 服役、 性能、	知识结构 工作 才能	和基因组合 和生活环境 和生活能力

因 果 学 说

希腊——亚里士多德	四因论	形式因	质料因	作用因	目的因
尼泊尔——释迦牟尼	缘起论	缘	因	诸法起	——
中国——毛泽东	矛盾论	外因	内因	变化	——
材料学	方法论	环境	结构	过程	性能? 能量?

下面两节分别论述两个问题:实践悟知;知识三元系。

2 实践悟知

2.(A) 皈国后学习—实践—悟知

2.A.1 归国与皈国

1957年夏,我一无所知的、祖国的反右政治斗争正处于高潮,我与爱妻镜纯携带长子瑞明(3岁半)和次子瑞琪(1岁半)归国。在北京、沈阳、大连、上海四地参观后,在邀请参加工作的五个单位中,选择了北京钢铁学院(1988年4月改为北京科技大学),任金属物理教授。1980年当选为中国科学院学部委员,后改称院士,故仍未退休,量力而行地作些学术工作。

蒙有关领导和同事们的爱护和帮助,在祖国反复重大动乱中,五十年来,平安而波动地渡过:尽孝慈母八年;1969年被解放,提前正常工作。

仿佛教用语,我改"归国"为"皈国",以示决心。

"皈依——佛家称身心反归向佛、法,僧。后来道教亦沿用" ………………………………… (1)《辞源》2180页

2.A.2 变化正道

综合古今中外的变化正道,如著作[23]第5章"人、才、材的命运"所示,古今中外的学者殊途同归。

2.A.3 动态分析

文献[C1](方括号中C+阿拉伯数字见参考文献目录,下同。——编者)指出:我们应从变化后的"结构"和"环境"这种动态观点去理解随后的变化,这就使我们容易体会我国的俗话:

"善有善报,恶有恶报;不是不报,时候未到;时候一到,一齐全报。" ………………………………………………… (2)

A 作用于 B,可善或恶,都会影响到 B 的物质或/和精神结构;条件成熟时,就是"时候一到",必须全报——分别有报答、报恩;或报复、报仇。这些"报",也就是"反馈"。

2. A. 4　生物的类比

摘录《进化论与伦理学》[1](方括号中阿拉伯数字见表 1 所示,下同。——编者)中五段语录,可供深思:

(1)"在生物界,这种宇宙过程的最大特点之一就是生存斗争,每一物种和其他所有物种的相互竞争,其结果就是选择。这就是说。那些生存下来的生命类型,总的说来,都是最适应于在任何一时期所存在的环境条件的。因此,在这方面,也仅仅在这方面,它们是最适者。"([C2]p3) ……………………… (3)
这也是俗称

"生存竞争,适者生存。" ……………………………… (4)

(2)"大自然常常有这样一种倾向,就是讨回她的儿子——人——从她那儿借去而加以安排结合的(创造的意思——译者注)那些不为普遍的宇宙过程所赞同的东西"。([C2]p9) ……………………………………………… (5)

想开些,就是人的本身,也是"在劫难逃!"

(3)"人是动物界中最善于模仿的。"

"只有人会绘画、仿效,在模仿声音的范围、多样化、准确性上没有哪一种动物能赶上他;也没有哪一种动物是这样一种善于表情的能手;但他好像只是为了寻求其中的快乐而去模仿。而且,再也没有另一种像人那样富于情感变化的东西了。"([C2]p19) ……………………………………………… (6)

分析涉及到人类的社会和人文现象，切莫忘记人的这种动物本性！

（4）植物的行为与材料的过程

“（植株）在每个复杂的结构中，就像在它们最微小的组成部分中一样，都具有一种内在的能量，协同在所有其他部分中的这种能量，不停地工作着来维持其整体的生命，并有效地实现其在自然界体系中所应起的作用。”（[C2]p33） …………… （7）

这段描绘植株的（结构）—（能量）—（工作）—（作用）与材料学的（结构）—（能量）—（过程）—（性能），思路何等相似！可相互类比学习。

（5）不稳定性

“宇宙的最明显的属性就是它的不稳定性。它所表现的面貌与其说是永恒的实体，不如说是变化的过程，在这过程中，除了能量的流动和渗透于宇宙的合理秩序之外，没有什么东西是持续不变的。”（[C2]p35） ……………………………… （8）

这正是：人间正道是沧桑，专家落后正茫茫；

环境巨变需通才，新园异花分外香！ ……… （9）

2.（B） 对材料的人文分析——十六点管见

2.B.1 准备

（1）长期从事“材料”的教学和科研，坚信“性能”是材料的永恒判据。

（2）长期陷入“性能”与“结构”之间的表象关系。

（3）1958年开设有别于“金属学”的“金属材料学”，强调“物质”与“材料”的区别，建立以“性能”为线索的《金属材料学》体系。讲义修订后，由上海科技出版社排版，原计划1966年出版，因“文革”而停。三十年后，保留原有学术体系，修改内

容,由包钢公司出版[11]。

(4) 1958 年被指派去上海复旦大学,为国家科委主办的材料腐蚀科技人员训练班讲授"腐蚀金属学";1960 年去上海交通大学讲述"化学环境对断裂的影响",加深"环境"对材料性能影响的认识。

(5) 1980 年受仪表学会的邀请,构思"合金的能量与过程"的报告,为建立"合金能量学"作准备。

2.B.2 教学要求

(6) 1982 年由于北京钢铁学院金属物理专业的学制由五年半改为四年,受学时的限制,原有 120 小时的"物理化学"改为 72 小时的"合金热力学",我设计了"合金热力学——能量的关系、计算和应用"[5,13]的体系。这本出版的教材用能量的观点分析了材料的过程、结构和性能的问题,论述了用固体物理、表面物理及弹塑性力学分别计算内能、界面能及应变能,并示例地阐明能量在材料学中的广泛应用。

(7) 1983 年我正式开设"材料学的方法论"课程,在"环境、结构、过程、性能、能量"主题之前,介绍了"逻辑分析"与"系统分析";主题之后,设"失效分析"。经十余年的讲授,分别于 1994 年及 2000 年出版《材料学的方法论》[10]及《材料学方法论的应用》[14]。

2.B.3 讲学需要

(8) 1987 年我在筹划 20 小时的、材料学科的电视广播教学时,仿经济学,将材料学也划分为"微观"与"宏观"二分支,前者便是通用的"材料科学与工程",后者称为"宏观材料学"。

1988 年出版《材料的应用与发展》[7];经十余年的讲授,于 2004 年出版《宏观材料学导论》[22]。

(9) 1988 至 1998 年,我在国内讲学时,包含下面七个命题及其组合:

① 简易材料论;②类比与交叉;③材料与人才;④处理三论;⑤宏观材料学;⑥断裂化学;⑦材料能量学。

(10) 1999 至 2001 年:讲授"问题分析方法"。

(11) 2002 至 2003 年:讲授"人生七路"。

(12) 2004 至 2006 年:讲授"行路悟知"、"知识与三元系"、"学习与创新"。

(13) 与人文学科的交叉:

① 出版三本韵文集:《士心集》[12] (1999);《志怀集》[20] (2004);《行知集》[27] (2008)。

② 学习我国经典著作的体会:国家图书馆(2001);东南大学(2003)。

③ 我国理工科大学人文素质教育:北科大(2004)。

④ 出版三本书:《理工科大学生人文素质初悟》[23] (2005);《行路悟知录》[24] (2005);《情理论说文集》[26] (2007)。

(14) 问题与方法:北京科技大学(2004);北京师范大学(2005)。

八类人世问题定江山							
功能	环境	结构	过程	能量	经济	管理	处事
八种分析方法助解难							
定义	演绎	归纳	类比	数学	生态	适中	算计

（15）2005～2008 年讲座选题。

2005～2006 年

1 材料与人才　　类比助知，
2 问题和方法　　共性提升。
3 知识三元系　　交叉组合，
4 学习与创新　　固基巧进！

2007～2008 年

5 反馈与耗散　　新论求进，
6 因果和命运　　持久翻新；
7 综论人材事　　综论群英，
8 简陈材料学　　简陈助明。

（16）对材料性能的扩大和深入分析。

图 1 所示的输入信号（i）及输出信号（j）之间的关系，可将材料的性能进行另一种有启示性的划分。输入信号与材料交互作用有反射、吸收、传导、转换四种可能，令这四种信号的强度及输入强度分别为 $I_{反}$、$I_{吸}$、$I_{导}$、$J_{转}$ 及 $I_{入}$，则

$$I_{入}=I_{反}+I_{吸}+I_{导}+J_{转} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

若 $J_{转}=0$，即信号不转换，如表 2 所示，将有 3（反射、吸收、传导）×7（力、声、热、光、电、磁、化）=21 种性能（P_{ii}）；对于 $i\neq j$ 时，则有 $49-7=42$ 种性能。为了便于放大及调制信号，一一将输入信号（i）转换为电学信号（$j=5$），例如 P_{15} 为压电性能，P_{35}

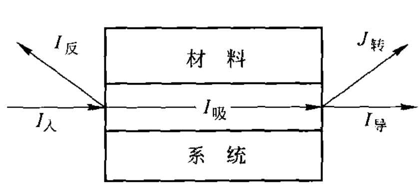


图 1　材料与信号

为热电性能，P_{75}有氧探头等。“传感器”便是利用材料的$P_{ij}(i\neq j)$，实质上，它们是“转感器”。

当有多种输入$(i_1, i_2, \cdots, i_m)$及多种输出$(j_1, j_2, \cdots, j_n)$时，则P_{ij}可改写为$P_{(i)(j)}$，即：

$$(i)=i_1, i_2, \cdots, i_m$$

$$(j)=j_1, j_2, \cdots, j_n$$

例如，当力学及化学因素协同作用于金属材料而发生“应力腐蚀断裂”时，则参照表2的规定，反映这种现象的材料性能为$P_{(1,7)(1)}$；高温蠕变性能为$P_{(1,3)(1)}$。在社会及人文现象中，多种输入、输出的现象很多，例如，输入西方文明或佛教文化，会有各种正、负作用的输出，宜慎思而明辨之。

表2 性能(P_{ij})的划分

输出(j) / 输入(i)	1 力	2 声	3 热	4 光	5 电	6 磁	7 化
1 力					P_{15}		
2 声							
3 热					P_{35}		
4 光							
5 电							
6 磁							
7 化					P_{75}		

3 知识三元系[C7]

3.(A) 丰富多彩的“三”([C4])

3.A.1 溯源

我好奇地从《辞源》所列词条中，统计以数词为首的词条

数，结果示于表3；从中可以无疑地看出，“三”这个数词在中国文化及中国人民的生活中受到高度的重视和重用。“一”为单数，“二”为复数，“三”为多数；俗话说，“事不过三”，如可能，列出最重要的三个，就足够了。

表3　《辞源》收录的以数词为首的词条数统计表[C3]

	词的字数							词的总数		按2字词排队
字	2	3	4	5	6	7	8	共	排队	
一	180	89	158	8	7	2	5	449	2*	4
二	97	8	24	3	3	1	0	136	8	8
三	279	109	108	8	4	0	2	510	1	1
四	130	42	31	3	0	0	2	208	6	6
五	264	89	55	5	1	1	0	415	3	2
六	173	13	21	2	0	0	0	209	5	5
七	69	36	20	1	0	0	0	126	9	9
八	117	24	12	1	0	0	0	154	7	7
九	186	62	22	2	0	0	0	272	4	3
共	1495	472	451	33	15	4	9	2479	—	—

* 兼副词，助词；故“一”为首的4字词猛增至158个，排队为2。

智慧的李聃早已看出“三”的重要性：

“道生一，一生二，二生三，三生万物。”（[C4]第42章，98页）…………………………………………………………（11）

3.A.2　运用

宝贵的人生征途中，我运用和学习了多少次“三”？试举记忆深的若干次：

（1）在人生的“生活、学习、工作”中。

（2）面临“物、人、事”三类永恒的命题。

（3）通过“热情投入、冷静分析、温和处理”三种方式。

（4）将“问”分为3 W——是什么(What)？为什么(Why)？如何做(How)？

（5）从“题”的定义，将问题划分为“凡人的、智人的、哲理的”三类。

（6）简介现代的三种主要分析方法：“逻辑、系统、历史”。

（7）对问题的“提出、分析、解决”或“学习、分析、解决”。

（8）运用《易传》中“三易原则——简易、变易、不易”。

（9）类比人、事与物，通论“才能、功能、性能”三个共性问题。

（10）自然过程三原理：“方向、路线、结果”；

（11）研究与开发三类型：“基础研究、应用研究、开发”；

（12）治党治国的“三个代表”。

（13）提出和平发展当代的处理三论：“生态，适中，算计”。

（14）学习和理解王国维提出的追求事业的三境界：

时常以“三”表示多数，“九”则为极多数；对于“三”，特别重视，从众多的项目中，设法找出最重要的三个。

《辞源》收集1840年前的词，随后又出现许多“三字词组”。例如，美国总统林肯1863年12月19日在葛底斯堡公墓落成仪式上的世界有名讲话，共10句，从上台到下台，仅用了3分钟，其最后一句用了“三个P”(of the people，by the people，for the people，译成民有，民治，民享)。孙中山发展了这种思想，提出“三民主义”(民族，民权，民生主义)。共产党在革命和治理中国的八十年，也提出许多“三字词组”，例如，1949年以前：三大政策(1924)，持久战三个阶段(1938)，三大法宝(1939)，三座大山(40年代)，老三篇(1939，1944，1945)，三篇学习文章(整，反，改)(1941—1942)，三大纪律(1947)，等

等;新中国建立后有:老三反(1951),新三反(1953),三面红旗(1958),解放军三大任务(1966),解放军三支(1967),三个世界(70 年代),三个面向(1983),三讲(1999),三个代表(2000),等等。

"三字词组"中的三项之间可能有三种关系:

(1) 相互独立——如"三达德"中的"智","仁"与"勇";

(2) 依次排序——如"三元"中的"状元","榜眼"与"探花"分别是明代廷试的第一,第二与第三名;运动会中竞赛的前三名分别授予金、银、铜牌;三立(或三不朽)中的排序是立德,立功,立言。

(3) 辩证统一的整体——如"三个代表"。

《周易正义》称:([C6]p7)

"易一名而含三义:易简一也,变易二也,不易三也。" … (12)

八十年代以来,我曾尝试运用这"三易原则"建立"简易材料论":

"材料是在变易的,并遵循不易的规律,我尝试以简易的方式总结这些不易的变易的规律。" ………………………… (13)

《中庸》([C5]p1629)云:

"知(即智)仁勇三者,天下之达德也。" …………… (14)

《左传·襄公二十四年》指出"三立"或"三不朽"的排列顺序:

"太上有立德,其次有立功,其次有立言,虽久不废,此之谓不朽。"

《墨子·非命上》的"三表",亦称《三法》,墨子认为认识和检验真理有三个标准,即:

"有本只者,有原之者,有用之者。" ………………… (15)

3.(B) 知识三元系[C6]

3.B.1 引言

平面几何学中有一条定理：

“等边三角形内任何一点至三边之高的和，等于这个三角形的高。”金属学及材料学已用等边三角形内任何一点表示三元合金及三元材料的成分；推而广之，知识学也可用这个方法来表示知识三元系(自然科学—社会科学—人文学科)中各组元的含量。

3.B.2 组元之间交互作用

现用N(Natural science)、S(Social science)及H(Humanities)分别表示自然科学、社会科学及人文学科，它们之间可有如下的交互作用。

(a) H对N及S的影响。

有助于抒情达意、明理抒怀，提高表述效果；

提供做人、处理、治学的方法和道路，可供选择。

(b) N对S及H的影响。

提供科学方法；交叉结合而成新学科，例如数理经济学；

提供新的学科领域，如生态学。

(c1) S对H的影响。

它们共同处理人类社会问题、人的感情和理智；可互参。

(c2) S对N的影响。

社会性质和制度影响N的领域和重点。

(d) 在“问题与方法”的共同旗帜(8个人世问题×8种分析方法)下，它们走到一起来了！有了共性，可以互参：

问题：环境，结构，过程，功能，能量，经济，管理，处事；

方法：定义，演绎，归纳，类比，数学，生态，算计，适中。

希望达到"八个人世问题定江山"(表4)、"八种分析方法助解难"(表5)。

八个人世问题定江山

优秀功能人共愿，　环境结构齐上鞍。
过程分析寻秘密，　能量计算知了然。
执政为民与时进，　材料商品经济算；
处世三论慎运用，　八个问题定江山。…… (16)

表4　八个人世问题定江山[C7]

序	名	学科	性质	内　容	项
1	功能	自然科学	目的,结果	$P=f(e,S)$	1
2	环境		变化外因	适应,改变,利用,学习,保护	5
3	结构		变化内因	$S=\{E,R\}$,方程,图,表	1
4	过程		变化细节	方向,路线,结果	3
5	能量		控制因素	性能(1),方程(6),结构(1)	8
6	经济	社科	生物天性	看不见的手,供需,收获递减	3
7	管理		执政为民	法治,与时俱进	1
8	处事	人文	环境共存	适中,生态,算计	3

表5　八种分析方法助解难[C7]

1	定义	确定概念内涵	属+种差;种差导出判据	逻辑分析
2	演绎	三种推理方法	推理方式,可靠性,	
3	归纳	各有所长,齐争艳	创造性,	
4	类比		有区别。	
5	数学	模型化,优化	从方程式找结构的 E 和 R	系统
6	生态	人与环境	共存发展	人文学科
7	适中	人与环境	过犹不及	
8	算计	计算和分析	争优胜	

八种分析方法助解难

必须定义明概念，　　慎用演绎莫等闲；
善使归纳获新知，　　类比交叉创耀眼。
数学分析形与数，　　适中决策赖计算；
重视生态获双赢，　　八种分析助解难！…… (17)

3. B. 3　知识三元系

用材料学科中“三元合金”(M_1，M_2 及 M_3)的思路(图 2a)，理解自然科学(N)、社会科学(S)及人文学科(H)之间的交融(图 2b)。

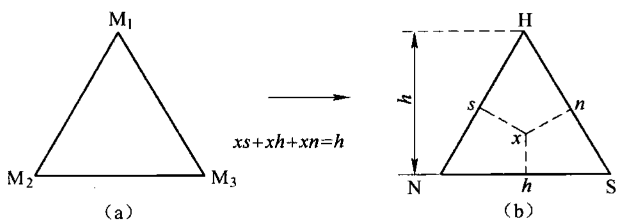


图 2　三元合金系(a)及三类学科(b)的交融

3. B. 3. 1　人文学(Humanities)简介

用文字表达的。主要有文、史、哲。

(1) 文。用文字塑造形象以反映社会生活，表述作者的思想感情。………………………………………………………… (18)

文学告诉人们不知道的、真实或夸大的人生经历，从而影响人们的感情或意志。………………………………………… (19)

文学用文字、音乐用声音、绘画用图形、舞蹈用姿态，同样可有助于明理动情的作用；人们各有所好。

（2）史。“史者何？记述人类社会赓续活动之体相，校其总成绩，求得其因果关系，以为现代一般人活动之资鉴者也。”（梁启超，《中国历史研法》，1924）…………………………（20）

（3）哲。“社会知识和自然知识的概括和总结的学问。”　…………………………………………………………（21）

哲学中的世界观及人生观争论较多；但“方法论”所提供人们走出人生迷津的道路，可供人们选择。

“自然科学与人文学科的对比”及“人文促进理工”分别示于表6及表7。

表6　自然科学与人文学科的对比

自然科学	人文学科
严　谨	浪　漫
深　思	激　情
方程、图表	诗、文、歌、画等
数学——算，计	哲学是科学的科学
物理——理	史鉴使人明智
化学——化合与分解	文艺使人动情
天文学	动情使人精神焕发
动学——理	境界提高
生物学	有助于对科学的追求

表7　学习人文，促进理工

哲	文	史
方法论	表达深入浅出	史鉴使人明智
彼此促进	激　情	史就是过程论
世界观	精神焕发	彼此通融
融合同皈	提高境界	
做人处事		
有所遵循		

我国理工科大学为什么要重视人文素质教育？

① 我国是历史没有中断的世界文明古国,这主要有赖于民族文化所蕴含的巨大的凝聚力。四大世界文明古国,而今安在?

② 中华民族文化优秀而悠久,素来提倡和而不同,同中有异,异中有同,总是坚持"有中国特色",并能融合与溶解有用的溶质;是开放性很强的文化系统!

我国理工科大学重视人文素质教育,有益于师生综合素质和创造素质的提高,并增强爱中国的意识。

文、史、哲之间的关系示于图3。

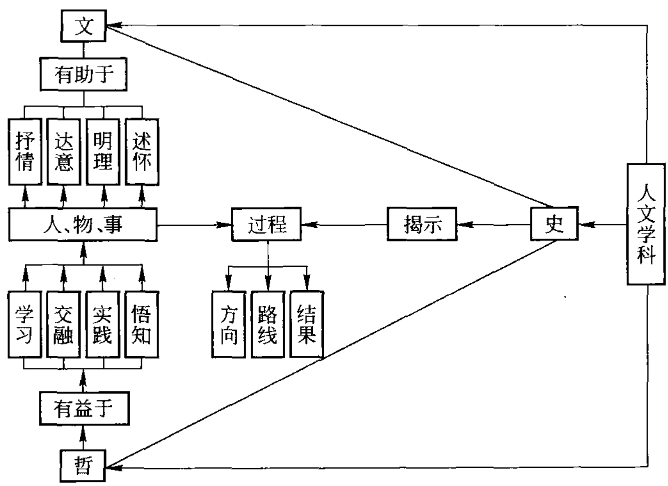


图3 文、史、哲之间的关系

3.B.3.2 应用示例

从我在材料学领域的长期实践,示例地陈述在文、哲、史三方面的悟知。

(1) 文学

我国韵文有助于抒情达意、明理述怀。我经历现代祖国八十余年的巨大变化,游历亚、欧、澳、南北美、非六大洲和祖国27

省市,感触甚多,择拙作约900首,分三集出版:

[12]《士心集》,广东教育出版社,1999年。

[20]《志怀集》,冶金工业出版社,2004年。

[27] 行知集,冶金工业出版社,2008年。

(2) 哲学

经过十余年的努力,我分别出版了两本获全国优秀科技图书二等奖的著作:

[10]《材料学的方法论》,冶金工业出版社,1994(1995年获奖);[14]《材料学方法论的应用》,冶金工业出版社,2000(2001年获奖)。

世界观及人生观的争论较多,但"方法论"所提供人们走出人生迷津的道路,可供人们选择。试举"择路"为例:

择路

"路——道也,从足从各"([汉-许慎]《说文解字》48上)

各人用足走成路 ………………………… 释路(0)

分析问题需逻辑 ……………………… 逻辑路(1)

艰辛治学归简易 ……………………… 易传路(2)

创新捷径择类比 ……………………… 创新路(3)

成才制材可互习 ……………………… 成才路(4)

生态适中需算计 ……………………… 处事路(5)

国家兴衰习历史 ……………………… 历史路(6)

复杂人生四公式 ……………………… 数学路(7)……(22)

(3) 史学

(3.1)过程论

《培根论说文集》"论学问"中提到:

"史鉴使人明智。"

俗话说:"事物的秘密只有从它的形成过程去理解。""过

程”就是“历史”。我曾分别用演绎法、归纳法和类比法证明或说明:“自然过程是沿着能量下降的方向、遵循阻力最小的路线进行的,其结果是适者生存”。当过程原理外延到人类的社会现象时,路线的结果尚适用,但方向确是设法上爬(攀登)而使能量升高,为什么?几类人的开始,都要苦学而使内能升高:

所有的人增加知识——识多见广;

士更要苦学而提高学识——通事达理;

仕设法(上拉、下抬)升高官阶——位高权重;

商人则努力积累财富——财大气粗;

使用过程的方向,还是释能!

(3.2)现代史——达尔文的失败实验

19世纪达尔文用高价买下一个非洲当地的男婴,带回英国受教育,16年后使他变成一个“现代文明青年”,托人带回家乡。一年后,达尔文旧地重游,大惊地发现:这个现代文明青年不仅不能改造原始部落社会,反而被吃掉了!

部落首领答曰:“我们把他吃了,他什么都不懂,什么都不会做,我们留他有什么用?”

达尔文无话可说。随后,达尔文在他日记中写道:

“一个人的愿望和他所希望得到的结果并不成正比。一个种族遗留下来的疑难问题决不是依靠一个或几个‘文明人’就可以解决的。从野蛮进化到文明,这其中有一个痛苦而又漫长的过程,欲速则不达。社会上每个人都应当适应周边的生活环境;否则,他哪怕再高明,终将被淘汰。适者才能生存啊!”

3.B.3.3 固溶度及交融条件

图2(a)中的 M_1、M_2 及 M_3 是三种金属,都可作为基体,溶解其他两种金属而形成“单相固溶体”。例如,M_1 是金(Au),

可加入 M_2(Ag)及 M_3(Cu)而形成“金基固溶体”,能加入的最大量叫“固溶度”,它取决于组成元素的原子大小和电子结构,这是材料学者所熟悉的。以此类推,图2(b)中的学科组合:M是材料学,为了满足“物美价廉”,即“性能优、价格低”,因而靠近NS线,为了人文思考,又要离开NS线。为了增加学科之间的“交融”,应该增加相互了解,有所借鉴;重要的途径是寻求共同感兴趣的问题,如表4所示,并探索可共同采用的分析方法(表5),相互借鉴,也许会“柳暗花明又一村”。表4及表5分别可称之“八个人世问题定江山”及“八种分析方法助解难”,它们的综合便是“问题与方法”。

4 结 语

(1)自然科学、社会科学及人文学科各有特色,溶融可丰富多彩;但应“和而不同”。

(2)适应社会和学科发展的需要,在图2(b)所示的三角形内,可孕育出新的交叉科学或学科。例如,定义:“研究材料的学科,叫材料学”。仿效“经济学”的巧妙划分,将材料学也分为“微观”、“宏观”两分支。

(3)知识三角形内的漫游(图4)。

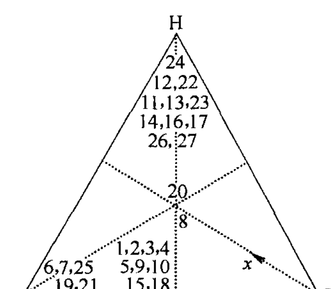


图4 知识三角形内的漫游(1957~2008)

图内所示数字为作者著作编号：

1 金属材料学的原理;2 腐蚀金属学;3 高速钢的金属学问题;4 金属的韧性与韧化;5 不锈钢的金属学问题;6 合金能量学;7 合金相与相变;8 材料的应用与发展; 9 应力作用下的金属腐蚀;10 腐蚀总论;11 材料学的方法论;12 士心集;13 梳理人、事、物的纠纷;14 材料学方法论;15 Microstructure and Properties of Materials- Iron and Steels. ……;16 学习与学术经历;17 治学体会漫谈;18 材料腐蚀学原理;19 材料能量学;20 宏观材料学导论;21 合金相及相变(第 2 版);22 志怀集;23 行路悟知录;24 理工科大学人文素质; 25 不锈钢(新);26 情理论说集;27 行知集;

附录——韵文总结

(1) 引　言

和谐社会新概念，　执政为民莫等闲；
与时俱进需创新，　十项工作是关键。…… (23)

(2) 材　料

材料学,三字经,八命题,九六字;
提纲领,易牢记,行胜知,莫徘徊。……… (24)

(3) 问　题

八个人世问题定江山。

(4) 方　法

八种分析方法助解难。

(5) 人 才

才材二字古通用，　成才制材理通融。
结构环境谁领先？　内外二因协建功！……(25)

(6) 人 文

哲导凡人离迷津，　明理述怀又需文；
史鉴使人明与智，　人文导民循正径。……(26)

(7) 学 科

知识系统三组元，　和而不同丰扩展；
互助启示创新意，　交叉科学喜涌现！……(27)

(8) 结 语

简易治学循周易，　知与不知慎调理；
博学审问又慎思，　明辨笃行不偏离！……(28)

参考文献

[C1] 肖纪美．人、才、材的命运[J]．材料科学与工程学报,2003,21(1):1~3.

[C2] [英]赫胥黎,进化论与伦理学,1894;科学出版社,1973.

[C3] 肖纪美．“三”与“二”——丰富多彩与多变创新[J]．材料科学与工程学报,2002,20(1):1~4.

[C4] 高亨．老子注译[M]．河南人民出版社,1980.

[C5] [清]阮元校刻．十三经注疏[M]．中华书局,1980.

[C6] 肖纪美．知识三元系[J]．材料科学与工程学报,2006,24(1):1~5.

[C7] 肖纪美．问题与方法[J]．金属材料研究,2005,31(5):1~11.

附录2　21世纪学术活动轨迹

(2000—2008年)*

1 学术著作　　[14]-[27],共14本;

2 材料宏观及综合问题论文　　[52]-[84],共33篇;

3 学术报告及讲座　　487/636,共150次。

主要讲题备选:

问题分析方法;	类比与交叉;	简易材料论;
物人事中数学;	路;	想法和方法;
材料学者行路悟知;	命运论;	学习与创新;
材料与人才;	知识三元系;	反馈与耗散;
学习学初悟;	学海拾贝;	简陈材料学;
材料学方法论;	适中论;	治学经历;
我国经典著作初悟;	宏观材料学;	拾贝与贝雕。
韧性与韧化;	断裂化学;	材料能量学。

* 详见正文的表11-4。

附录3　同行对著者已出版著作的介绍

著者在《纪念肖纪美院士八十寿辰文选》(科学出版社,2000年,第20~32页)以结构图的形式,介绍已出版的17本学术著作;本附录陈述同行对著作的介绍和鼓励。(下面的文献号为本书表11-3的编号)

一、陈南平　教授(清华大学)

[2]《高速钢的金属学问题》,冶金工业出版社,(1976)(1978)

“本书除介绍了基本合金化原理、高速钢要求的碳化物、红硬性等问题外，着重介绍了钼高速钢的进展，指出 6－5－4－2 高速钢的优点、大大减少了钨含量。……在当时国内 18－4－1 一统天下的时代，吹进这股解冻的春风，实在发人深省。”

［3］《金属的韧性与韧化》，上海科技出版社，(1980)(1982)

“20 世纪 60 年代至 70 年代，国际上对断裂的研究形成了一次高潮，断裂力学迅猛发展，工业界对断裂失效事故也力求获得科学分析，肖先生接受外界邀请，围绕断裂问题做过几十次报告，并围绕电站设备、焊接结构的断裂事故分析及对断裂韧性、化学介质与断裂过程发表了不少文章。最后在 1980 年出版了 46 万多字的专著《金属的韧性与韧化》一书。……回想 1979 年至 1989 年，在肖先生领导下，先由科委后由自然科学基金委员会支持的金属材料断裂问题大课题的研究迅速达到了国际前沿水平，这本著作应该说起了奠基作用。”

［4］《不锈钢的金属学问题》，冶金工业出版社，(1983)

“肖的这本著作(近 40 万字)，介绍了这个钢种组织结构、化学性能、力学性能及使用过程中的失效机理。本书是从金属学一般原理的基础上去阐明不锈钢中的金属学问题，本书所用的分析方法对研究其他材料也是一个榜样。本书最后，作者的几点心得也很有意思，即作者通过这一类钢种中的一些金属学问题的认识过程，上升至哲学高度，说明真理的认识是通过由低至高，由浅至深，由片面到较全面，是在经过实践的检验，不断改正错误中获得进展的。对不锈钢中多种转变，作者也采用辩证唯物史观中外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用的观点去分析。这些思路为作者后来撰写《材料学

的方法论》奠定了基础。”

[5]《合金能量学》,上海科技出版社,(1985)

“肖先生的《合金能量学》是1985年出版的50多万字的著作。这是在热力学基础上,介绍力学过程中的能量变化分析,扩展为合金能量学。研究合金中各种结构在不同环境下的形成过程及各种过程的变化中的能量问题,通过能量分析去控制各种变化过程。因之能量学是材料科学组成的基础,在此著作问世后,即作为我校材料学的研究生教材。”

[10]《材料学的方法论》,冶金工业出版社,(1994)

“肖先生在1994年出版的《材料学的方法论》,32万多字的专著,如果说肖先生以前的著作从未超越材料科学的领域,能量学也只是在热力学基础上有所扩展,那么这本著作是在用哲学的逻辑思维方法去演绎材料学中的问题,或者说是把材料科学中的研究方法从哲学高度上进行了总结,这是大胆的,受到读者欢迎的尝试。本书最后肖先生的十点体会中的第十点:“独上高楼,望尽天下路”、“蓦然回首,那人却在灯火阑珊处”,是对本书作者心情的绝妙写照。”

“一本科学技术著作的成功与否要看它是否能切中当时社会发展中的需要,是否能提出解决这个领域中某些关键问题,使科学技术得以进展,经济上有所收获。由此来评价上面提到的几本专著,可看到不但是阐明了技术发展的关键,而且在介绍材料科学具体内容时,总是紧扣着材料制备到组织结构、材料性能,再到使用的一套思想方法。《方法论》一书是前面几部著作的总结,我认为这是凝结了一代大师心血的一部杰作。听说肖先生不久还要出版一本由材料科学与技术的研究方法去分析社会现象的著作,其思维的活跃与开

放，真是令人钦佩，其"衣带渐宽终不悔"的勤奋精神，更是学习的楷模。"

二、余宗森 教授（北京科技大学）

记肖先生的教学生涯

肖纪美先生自1957年回国以来，一直在北京科技大学（原北京钢铁学院）工作。其间他曾有机会调任其他单位担任重要的科技领导工作，但肖先生对在大学里的工作甘之若饴，安心做一名教授，几十年来勤勤恳恳地在教学和科研的园地上耕耘。

我有幸有机会自肖先生回国后就与他在一个教研室里工作，作为他的一个学生和助手从肖先生处受益匪浅。

肖先生除在科研方面硕果累累，为国家的科学事业和经济建设事业作出重大贡献外，他还长期从事第一线的教学工作，诲人不倦，教书育人，提挈后进，至今桃李满天下。学生们不但从老师那里学到了科学知识和技能，同时还从老师那里学到了为人处事之道和辩证唯物的思想方法。

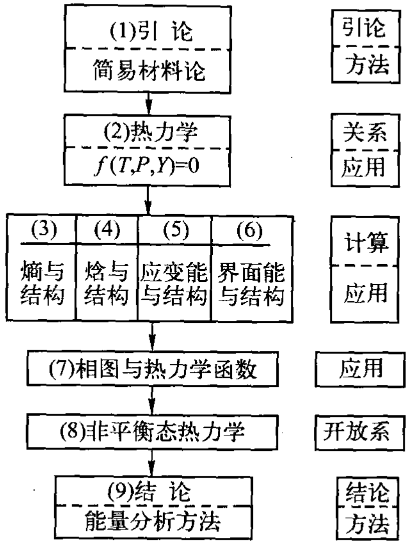
我因工作关系，自肖先生回国后，经常不分日夜，跑到他家去请示和商量工作，并经常看到先生在当时教授宿舍的狭长斗室内，面对满墙的中外文书籍，埋头备课和写讲稿，夜间烟灰缸里布满了烟蒂，肖师母有时过来轻声询问，要不要再煮些咖啡，以备他"挑灯夜战"，想起这些情景，至今历历在目。肖老师尽管知识渊博，经验丰富，但对于每次讲课，仍是一丝不苟、认真准备、身教重于言教，他的敬业精神对于年轻教师和学生就是一个活生生的榜样。

肖先生课堂教学的特色是条理清楚、深入浅出、理论联系实际，不但讲内容，也注意讲思路，生动活泼，不乏幽默感。

凡是听过肖先生讲课的人都知道，他喜欢用框框、圈圈和箭头来说明某一论域、某一范畴与相关论域、相关范畴的关系。换句话说，他很注意从系统的观点来阐明所讲述的内容，这样有利于给听者一个明晰的概念。在他的诸多教材和学术著作中也无不具有这一特色。人人也都知道，肖先生对马列主义和邓小平理论的学习是很认真的，不但认真，有时还很“较真”，他思考的问题有时专职的政工干部都难以回答，在课堂上他很注意把科学上的具体问题和方法提升到认识论和方法论的高度来分析。他讲的是业务，但是只是“附带”的短短的一两句话就使听者的领会深度提高了一个层次。

肖先生的讲课基本上是没有照搬国内外现有教材的，他讲的所有课程都有自己的体系，都是在融会贯通国内外资料的基础上，经过消化吸收，再加上自己的东西，通过精心选择和组织，才拿给同学的。就拿《合金能量学》(后扩编再版为《材料能量学》)这部广为流传的著作来说，它的来历就是由于从20世纪80年代起，金属物理专业的学制由五年半改为四年，课程学时需要大大压缩，当时有的课程怎么压也压不下来，因此肖先生作为教研室主任毅然取消了120学时的物理化学课程，由他首开以“能量”为线索的72学时的“合金热力学”课。强调合金中能量的关系、计算和应用。这样就大大地压缩了学时，并把作为技术基础课的“物理化学”和专业课结合了起来。此课后来依次改为“合金能量学”和“材料能量学”，并形成了这本独具特色的专著。为了把此书的特色讲清楚，现把此书的结构图附在下面：

《材料能量学》



书中的第一章引论为简易材料论,按照“易传”所云:“易一名而含三义;易简一也,变易二也,不易三也,”简易地阐述材料学中24个不易的变易方法,包括材料,材料问题,推理,性能,结构,环境,过程,能量,突出能量分析方法的重要性。第二章论述经典热力学处理能量之间的关系以及在材料学中的应用。第三至第六章依次应用统计物理、固体物理、弹塑性力学及界面科学,从结构计算熵、内能、应变能和界面能。第七章讨论相图的分析及合成,前者是从相图的相界线计算热力学函数,后者则是反其道而行之,从热力学函数或/和基本参量计算相图。第八章简介非平衡态热力学,第九章总结八类能量分析方法。每一章都有原理的应用。总之,全书以能量为中心,把基础科学与专业科学贯穿一起,融会贯通,极富特色。

再以《金属的韧性与韧化》这部著作来说,当时国内外的综

合评述和专著都是讲金属的强度和强化的，而实际上随着科技的发展人们已不乏手段来强化金属，而此时韧性的不足已转化为主要矛盾，韧性的问题不解决，强度再高也不能进入实际应用。对金属的韧性和韧化问题当时尚无专著，肖先生结合教学和科研的需要，结合自己的科研工作，在20世纪70年代大量断裂失效分析科研实践的基础上，建立了金属韧性和韧化的学术体系。书中首先从断裂事故引入韧性的重要性，然后分别论述缺口及裂纹断裂力学。书中第五章“断裂韧性的意义”是力学向金属学的转移，提出了四个方面的韧化措施。在第六章对断裂过程进行金属物理学分析以后，随后的章节论述韧化工艺，特别把在工程上有重要意义的焊接问题专门辟一章来论述。此书针对当时突出的金属韧性不足问题，讲了韧化的原理和措施，理论和实际紧密结合，是一本对学生和对现场实际工作人员都极有教益的著作。

在教学方面，肖先生十分注意紧跟科学技术发展的新趋势相应调整内容和领域，《材料的应用和发展》就是在这样的背景下出笼的。此书是国家教委和中国科协利用通信卫星所开辟的继续教育节目中关于材料科学与工程方面的电视教材，肖先生应邀主编。此书采取从应用到发展的新体系；仿照经济学，提出宏观材料学和微观材料学的新概念；全面介绍了材料学的基础知识，论述了处理各种材料问题的方法。第一章“引论”简介了材料的共性问题——材料与社会，内涵和外延，判据和问题，应用和失效。随后的诸章节分为两部分，一部分为微观材料学，依次讨论失效、性能、结构和工艺；第二部分讨论宏观问题，包括经济、选用、科研、系统和展望。此书是针对在职人员编写的。既适应了材料科学与工程从分科到综合的总的趋势，又适应了在职人员从微观与宏观相结合的角度掌握材料科学与工程全貌的需要。配

合此书还出了教学录像片，在全国范围播放，影响很大。

肖先生总结多年的教学经验强调教材一要少而精，二要废旧立新，三要学以致用，四要专业课与基础课结合。在方法论上强调要用一分为二的观点来实现少而精，即一方面看到科技的进展对丰富教材的广度与深度提供了更多的可能性，使教材内容有一种自发的走向庞杂的趋势，但另一方面更要看到学科的进展使许多貌似不同的现象得到了物理本质的统一，这为教与学的少而精提供了基础。在少而精的原则下编写教材时要用系统分析的方法，建立框架，明确各部分之间的逻辑关系，有意地介绍各种方法的应用，广泛地采用系统结构分析方法，充分发挥知识的功能。强调基础，注重应用。教材首先要提出问题，为了提出问题要明确什么是问题并发现问题，进一步要掌握逻辑方法和系统方法去分析问题，最后用正确的方法去处理充实的资料以解决问题。这样教学与科研实践相结合以完成认识和实践的结合，达到培养学生分析问题和解决问题的能力。上述的这些经验你在读肖先生的诸多教材时都会感受到。

近些年来肖先生教课少了，这并不是肖先生不想教，他多次同我谈过在学时有限的情况下，他不得不退出讲台，以便给年轻教师提供发挥的场所。尽管如此，他仍然很愿意利用各种机会给学生和研究生讲科技、讲方法、讲世界观。另一方面历年来肖先生多次应邀在国内外作报告，据粗略统计，从 1957 年至 2000 年，肖先生先后在国内的 26 个省市的 50 所大学，30 个工厂，24 所研究院所，40 个学会，美、加、巴西、日、澳、新西兰、法、德八国的 21 所大学，14 个学术单位，共作了约 500 次 2300 小时的学术报告或讲座，宣讲所从事的学术工作。

20 世纪 90 年代以来，肖先生特别注意方法论的研究和宣传介绍，他归纳多年研习方法论的心得并结合自己教学和科研

实践的体会于1994年出版了方法论的专著《材料学方法论》，此书获1995年全国优秀科技图书二等奖。今年还将出版两本方法论方面的科普著作《问题分析方法》和《材料学方法论的应用——拾贝与贝雕》。其实他在去年出版的寄托自己心迹的诗词文集《士心集》里也写了不少在方法论方面的心得和体会。

三、林勤　教授(北京科技大学)，**乔芝郁　教授**(北京科技大学)，**陈难先　院士**(清华大学)

一本充满生气的活书
——评《材料能量学　能量的关系、计算和应用》

在社会发展的历史长河中，材料的发展与人类的物质文明、精神文明的进步息息相关、紧密相连。所谓"材料"，一般是指人类能用以制作有用物件的物质。随着近代物理学与化学的进展，加深了人们对材料物性的认识。传统的以及流行的材料学与金属学的基调，往往只是阐述材料性能和结构之间的关系，而高技术领域对所需新材料更多强调的是其特殊性能，对材料性能、结构和使用过程的深入分析，离不开"能量"这一概念。《材料能量学——能量的关系、计算和应用》(上海科学技术出版社1999年12月第1版)一书的出版，对推动我国材料科学与工程的发展，将会起到重要作用。

林　勤：

材料的使用与发展标志着人类进步的里程，如何揭示其内在规律，是世界科学家共同关注的课题。《材料能量学——能量的关系、计算和应用》是肖纪美院士、朱逢吾教授长期从事材料科学的教学和科研成果的结晶，该书用能量的观点，分析了材

料的过程、结构和性能，揭示了材料发展和应用的内在规律，是一部优秀的工程技术专著，对推动我国和世界材料科学与工程的发展，将会起到重要作用。它的主要特色在于：

体系新颖，思路独特。全书共九章，第一章深入浅出地论述了材料学中的五个基础命题，是全书的纲领。第二章至第八章，应用了自然科学的有关分支，从不同的方面处理材料能量的关系、计算和应用。第九章是全书的总结，从四个方面总结了八类能量的分析方法。全书结构合理，思路新颖，方法简易，在理论研究和应用研究方面都有独特的论述和创见，具有国际先进水平。

原理和应用、理论和实际紧密结合。全书系统地应用热力学、统计物理、固体物理、弹塑性力学和表面科学理论分析计算材料中的问题。理论概念严谨清楚，深入浅出，可读性强。丰富的应用实例，学用结合，为读者提供一条学习和研究材料的高效方法。

编辑、印制质量上乘。全书文字流畅、生动，图表清晰，每章开头的黑体字起到了画龙点睛的作用。书籍的装帧设计、印装质量均属上品。

乔芝郁：

读肖纪美院士和朱逢吾教授的新著《材料能量学——能量的关系、计算和应用》，眼前顿觉豁然一亮，其体系完全不同于传统的材料学专著，有着鲜明的时代特色。

长期来，金属学与材料学的主调，都是阐述性能和结构之间的关系。而《材料能量学》一书设计以能量的关系、计算和应用为主线，十分清晰地阐明了材料的基础原理，并用能量的观点和一种高效的能量分析方法（如第九章所述）来处理材料的结构、过程和性能问题，从而跳出了经典热力学和材料学的框架，形成了理论结合实际，既利于学又利于用的创新的材料能量学新体

系，这是该书的第一大特色。

该书的第二大特色是多学科的交叉和渗透。学科间的交叉和渗透是现代科学发展的重要推动力，《材料能量学》一书妥帖地综合运用了热力学、统计物理、固体物理、弹塑性力学和表面科学的知识，并以能量的关系、计算和应用为主线，构成了新颖的材料能量学新体系的完整内容。如对熵和焓等热力学函数及其计算，不仅运用统计物理与固体物理知识进行了深刻的阐述，还运用弹塑性力学和表面科学知识深入讨论了应变能、界面能及其计算方法，并示例讨论了它们在分析材料问题时的应用。

随着材料科学与技术的发展，人们已能制备出多种多样具有独特性能且远离平衡态的材料。为了使读者能深入理解这些材料中微结构的演化及其稳定性，《材料能量学》一书不仅简明、准确地介绍了已有比较成熟理论的线性非平衡态热力学和正在发展的尚无成熟理论的非线性平衡态热力学，而且是讨论了耗散结构的概念，并介绍了材料科学中自组织现象的实例，这无疑有利于启迪读者的思路，自觉运用耗散结构概念来提高材料的环境适应性，从而研制出新的智能材料。这是该书的第三大特色。

陈难先：

肖纪美院士和朱逢吾教授集聚数十年教学与科研之精华，为我国材料学界和物理化学界奉献出《材料能量学——能量的关系、计算和应用》一书，感其博大而精深，其系统而独到，其深入而浅出，均有创新之处。

通常，材料科学的核心一般均谓结构与性能之关系，而《材料能量学》一书则考虑了社会和自然的环境，用系统论的观点道出了材料的结构、过程与性能的各种关系，并从本质上总结出能量的重要性及其表现上的多样性。且每章之首，均以黑体警句或名

家名言启示读者，充分体现了著者为读者所想的一番“苦”心。

打开卷首，第一章的简论，实际上就是开阔视野、开阔心胸的“概说全书”，能使读者强烈感受到这是一本充满生气的活书。

第二章论述了各种能量形式与关系的热力学基础，并有爱因斯坦对热力学的名言为先导，使读者对热力学的抽象方法论能有一种正确的心理准备。

第三章至第六章，分别应用统计物理、固体物理、弹塑性力学及表面界面科学的知识，针对材料科学中的不同系统，突出了熵的概念，通过计算熵、内能、应变能及界面能等，示范性地讨论了它们在分析材料问题时的应用及多样性。

在第七章中，应用热力学函数论述了相图的分析与合成，从而使众多解析关系表现为几何化与图像化。

第八章简明论述了非平衡态热力学，通过熵概念的延伸，重点介绍了耗散结构理论及其在材料科学中的应用。

第九章是全书的总结，与第一章遥相呼应，通观全局，精辟地提出了涉及到结构、过程和性能的八种能量分析方法。

全书体系新颖，贯穿了“能量的关系、计算和应用”这一线索，并运用多种学科的原理，提出了各种材料问题的分析方法及共性通则，读后大有余味未尽之感，确实是一部难得的具有创新体系的工程技术专著。

四、刘正义　教授(华南理工大学原校长)

[2]《高速钢的金属学问题》

“我曾学习过肖纪美教授《高速钢的金属学问题》一书，肖教授用很精辟的语言总结了高速钢研究成果，对我很有启发。我一直想从金属学角度来总结一下纤钢的研究成果，由于种种原因，一直只是在计划中。今年是肖教授八十华诞，在他的精神

鼓舞下，我试将纤钢系列钢种之一的优秀钢号55SiMnMo的几个金属学问题归纳如下。”

五、徐庭栋 高级工程师（钢铁研究总院）

[5]《合金能量学》

“人一生能遇上几本影响自己一生的好书？肖先生的《合金能量学》对我就是这样的一本书。我这一代材料科学和工程的学人，文化大革命以前受苏联的影响，知识并不全面；20世纪70年代末，文化大革命结束了，欧美国家在材料科学和工程上取得的进展传播到中国来。肖先生的《合金能量学》一书就是这样的一本书。我曾反复十几次地读这本书，当时它使我认识到，材料科学已经从单纯经验材料的积累上升为以热力学为理论基础的完整的理论体系。可以这样说，材料科学的任何一个理论问题，如果不能在热力学的基础上讨论，这个理论将是不完整的。材料科学正处于热力学时代。”

六、陈大中 高级工程师

[10]《材料学的方法论》

“我从老所长郑中岳处借得先生著的《材料学的方法论》中得到启发和教益，其中有两段在谈工业标准时极为精彩：

“工程师要守法，生产和使用材料工程师都要遵循一定的工业标准。这些标准既有公用的，也有内控的；它们有时过宽，有时又过严；因而需要认真分析，慎重对待，最好是理解后执行，随形势变化而按程序修改。”

“工业标准的内容反映了制定标准时的工业水平以及制定人的认识水平。但不幸的是，标准中某些基本概念和规定，像慢性传染病那样，从一个标准传到另一个标准，从一个国家传到另

一个国家,从一个时代传到另一个时代,它们有时会使人们的思想陷入一种古代的恐惧和迷信的蜘蛛网内,将工程师置于原始部落的医生地位。”

“对于工业标准,一方面,要从理论和实验两方面去“吃透”工业标准中的规定,理解后执行,可以提高执行时的自觉性;另一方面,要加强国际交流,注意国际动向,不要过于滞后修正标准。在这些基础上,继续地、慎重地发展工业标准。”

“肖先生著的这本《材料学的方法论》应该是大专院校材料学科的必读教材。”

七、杨德钧　教授,沈菡荪　高级工程师(中国腐蚀与防护学会)

老骥伏枥　志在千里

肖纪美理事长主持学会工作以来,在学会组织建设、开展国际学术交流、出版《腐蚀与防护全书》等方面,作了大量的工作。

肖先生担任过国际腐蚀联合会理事,在国际上享有盛名,多次受邀作国际氢会议大会报告和亚太腐蚀控制学术会议大会报告。曾数次代表中国腐蚀与防护学会出席国际腐蚀会议。由于他在积极开展国际学术交流,加强与国外科学技术团体和科学家、科技工作者的联系与交流活动中作出的贡献,以及他本人在腐蚀与防护科技领域中的卓越成就,1999 年被美国腐蚀工程师协会(NACE)授予资深会员的终身荣誉称号。

为了进一步普及腐蚀科技知识,推广近代防护技术,推动腐蚀与防护科技工作,以减少腐蚀造成的经济损失,延长材料和设备的使用寿命,经常务理事会讨论决定出版一套有关腐蚀科学与防护技术在工业部门应用的科技丛书,定名为《腐蚀与防护全书》,肖纪美理事长任编委会主任委员。自 1988 年 4 月由化

学工业出版社出版了第一分册以来,《全书》共出版了33个分册,约800万字。肖先生亲自撰写了“应力作用下的金属腐蚀”和“腐蚀总论——材料的腐蚀及其控制方法”两个分册。《全书》的出版,已在社会上引起了很大的反响,赢得了腐蚀科技界广大科技工作者和同行的认同和良好赞誉,为我国经济建设中腐蚀与防护科技的发展作出了有益的贡献。

八、才鸿年 院士

《宏观材料学导论》 序

作为学生是没有资格为先生的书作序的,但我有幸成为《宏观材料学导论》这本书的第一个读者,读后顿觉豁然开朗,遂以此文抒发感想并致敬意。

《宏观材料学导论》的结构完全不同于传统的材料学专著,有着鲜明的时代特色。在我看来,这部著作映射着肖先生长期教学和科研成果的结晶,是60余年知识和智慧的沉淀。将材料学的原理和应用、理论和实际紧密结合,是肖先生的治学体会,更是材料学的治学方法论。从中我们可以领悟到肖先生强烈的敬业精神、严谨的治学态度、精湛的学术造诣,以及在材料科学的发展和材料科学的教育事业中做出的巨大贡献。

数十年来,肖先生博览中外古今群书,博采众家之长,将宏观与微观结合、自然科学与社会科学结合,创建了别具一格的学术体系。《宏观材料学导论》就是其中的一部力作。《宏观材料学导论》以方法论为主线,精辟地论述了材料学中的逻辑思想方法、系统思维方法、简易材料论的分析方法与归纳方法。此外,又以个论的形式,论述了宏观材料学的结构及系统的分析方

法，内容涉及生态材料、材料经济、材料科研、材料教育、科技法律及材料的应用。

本书主要特色在于，体系新颖，思路独特。在理论和应用，乃至经济学和哲学等多方面都有独到的论述和创见。理论概念严谨清楚，深入浅出，可读性强。丰富的应用事例，学用结合，为读者提供了一条学习和研究材料的高效方法。多学科的交叉与渗透是本书的又一大特色。肖先生运用了多种学科的原理，提出了各种材料问题的分析方法及共性通则，读后大有余味未尽之感，确实是一部难得的具有创新体系的科学著作。

我相信，肖先生的这部新作，将给予材料学界和科学界的专家学者以启发。我同样相信，本书一定会强有力地推进中国的研究生教育事业的发展，并成为当代材料学科类研究生"宏观材料学"的入门教材。

衷心祝福肖先生健康长寿。

才鸿年
2003 年夏

九、殷瑞钰　院士

《理工科大学生人文素质初悟》　序

现在人们常常谈到对小学生、中学生的素质教育，其实对大学生乃至已经参加工作的人们也有思想品德、人文素质和科学精神的培养问题。素质是指事物本来的性质。人的素质是指人的品质，即一个人行为上所表现出来的德行与悟性，它是做人的根本。人的素质不等于人的知识或能力。一个人或许学富五车，上

知天文，下晓地理，但这并不能一定代表其德行高尚或机变灵敏。

中华民族有着优秀的文化和美德，如孔子的仁爱思想，儒家的“修身齐家治国平天下”的进取精神，屈原的爱国情怀，范仲淹的“先天下之忧而忧，后天下之乐而乐”的胸襟，等等。曾子说过：“吾日三省吾身：为人谋而不忠乎？与朋友交而不信乎？传不习乎？”说的就是人每日要时常反省自己，为朋友办事是否尽心竭力了，与朋友交往是否守诚信了，老师传授的学业是否复习了。还有，人们是否注意到生活中的一些小节，诸如：手中有废物是随手就丢弃，还是习惯而成自然地投入垃圾箱；是否红灯停、绿灯行；上下车时，是否先下后上了；等等。生活中处处有人的行为，都可以反映出一个人的品性。人们身边的美好环境与可保证效率的秩序是靠人的素质来维护的。

肖纪美教授是我尊敬的前辈师长。1957 年从美国回国后，他一直在高校从事教学、科研与咨询工作，为我国冶金科技的进步和发展做出了卓越的贡献，是一代学术大师（中国科学院院士），桃李满园。流年似水，如今肖教授已年逾八旬，仍孜孜以求，勤奋不减，不仅关心年轻一代后继者的科研事业的开拓，而且更关注中、青年学子的身心发展。教授耄耋之年所著的《理工科大学生人文素质教育初悟——学习、交融、实践、悟知》一书，其内容是先生从事高等教育几十年的感悟，其编写的出发点是对后生们的期盼。正如书中自序中所说：“做人，做事，然后为师”。是的，一个人不仅要有学问，还要有做高尚人的素质。目前，我国学理工科的大学生自入大学后，就缺乏系统的人文知识的学习，甚至有的还认为不学习人文知识，似乎也不会影响其学业的发展。学生们则往往更注重实用技术与理论的学习，以应对社会竞争的需要，这本无可厚非。但是，当他们毕业迈入社会后，他（她）不单单是在技术上输入——输出，他（她）是一个

要融入社会的人，社会需要的是有团队精神的人、有敬业精神的人、甚至有牺牲精神的人，因此，理工科大学生需要学会做人。要学做人的理念，如诚信、敬业、仁爱、自尊、自省、自信、谦逊、乐群等。如先哲们所言："见贤思齐焉，见不贤而内自省也"、"勿以恶小而为之，勿以善小而不为"、"傲骨不可无，傲心不可有"、"爱人者，人恒爱之；敬人者，人恒敬之"，等等。感受一下先哲们的教诲，我们会受到启发，这些教诲会使我们为人正直、诚信，看问题更全面更深入，受到挫折时不怨天尤人、不退缩，心中时时拥抱希望、日日充满阳光。

学问与修养并不矛盾，而是相辅相成，相得益彰。

先生以精炼的文字，将先哲们的思想和自己的感悟阐述于书中。其内容在让人获得人文知识的同时，提高涵养，从中学到做人处世的道理。大学生，尤其是理工科大学生，应是中国未来科技进步的生力军、后继者，也应是中华优秀文化的承袭者和社会文明的传播者，这是老一代科学工作者对年轻一代的殷切期望。每日花上 15 分钟，读一读此书，相信必能从中获益，并受益终身。

中国工程院　院士
原冶金工业部副部长

2005 年 8 月 28 日

十、徐匡迪　院士

《行路悟知录》　序言

肖纪美先生是我在学生时代就十分崇敬的母校师长，当时他刚从美国负笈归来，未曾谋面就听到许多关于他学术成就的

介绍，特别是他在“锰氮代镍不锈钢”方面的研究成果，使曾因我国镍资源短缺而苦恼的钢铁冶金、材料专业的师生大为振奋。乃至不久在校园中，有同学告知，迎面推着自行车正和一位青年教师交谈的就是肖先生时，我不禁怅然若失，因为他与我想象中的“大学者”、“洋教授”截然不同，除了一副金色秀琅架的眼镜外，他和当时国内的知识分子一模一样，皮肤甚至更加黝黑，只是在浓眉下炯炯有神的一双眼睛，给我留下了深刻的印象。因我们不在同系，在校学习期间未能亲聆他的教诲。直至1959年我留校任教后，特别是1961～1962年经济困难时期，校党委提倡“劳逸结合”，暂停了各种下厂、下乡劳动，校园内恢复了安定的教学环境，我亦有了可以去图书馆读书、查阅资料的时间，才有了和他见面的机会。在我的记忆中，老先生中去图书馆最多的是魏寿昆先生和肖纪美先生两位。由于我去图书馆读书带有“漫游”的性质，并无一定专题或科研目的，所以见到他们一进外文期刊阅览室就径直走向所要检索的杂志，并认真做笔记、卡片时，羡慕与敬仰之心油然而生。1963年我从北京钢铁学院调至上海工学院任教后，就很少再见到肖先生了。

直至粉碎“四人帮”和结束文化大革命后的1978年，冶金工业部在太原钢铁公司召开全国不锈钢会议，肖先生受邀在大会上作题为“不锈钢金属学问题”的主旨报告，这是我有幸第一次直面领略了先生教学的风采。大家欣喜地看到，先生虽经“文革”之劫难，但却仍身体健硕，精神焕发，演讲中条理清晰，论述精辟，得到了文革中处于“知识饥渴”状态的学校教师和工厂技术人员的热烈欢迎，纷纷要求他整理成文，著书出版，以便从事不锈钢生产、研究的科技人员查阅。当时冶金工业出版社的一位编辑回京后积极推进此事，终于在1983年成书出版。此后，在全国钢铁、金属学的会议上我和肖先生曾多次见面和交

谈，无论是听他论述学术问题，还是研讨工程教育问题，乃至对社会道德取向的意见，都能感受到他那学贯中西、引经据典的深厚文化底蕴，和弘扬正气、针砭时弊的昂然正气，这些都使我对肖先生更多了一分敬佩，从他的身上，我看到了中华优秀文化的传承和中国知识分子的宝贵品格。

肖先生自1957年回到祖国后，执教于北京钢铁学院（现北京科技大学）凡48年，已发表学术论文450余篇、著作22本，真可谓著作等身，是一位享誉海内外的知名学者。他还曾应邀到26个省市及8个国家共作学术报告580场次，拥有12次在国际学术会上作大会报告之殊荣，可以说是我国当之无愧的金属材料学、材料腐蚀学的“泰斗”级大师。但是肖先生并不满足于斯，而是不断苦苦思索、学习和研究，追寻正确的人生态度与治学方法。诚如他在本书中所述：“1943年我大学毕业后，没有离开过材料学界，总是尝试总结一些简易规律，并将这些‘物’理外延到‘人’理和‘事’理，并上升到‘哲’理，达到‘道理互通融’，争取做一名明理、懂事的老师。”我体会他是“专而后通”，并力图将自己丰厚的中西传统文化底蕴和回国后认真学习领悟到的毛主席“实践论”、“矛盾论”的辩证唯物主义的方法论，以及与时俱进，努力创新的“三个代表”重要思想综合起来，融会贯通，形成了八个方面的认识。2004年底，以“行路悟知”为题在“中国材料名师讲坛”上向北京科技大学师生演讲后，受到大家热烈欢迎，并应化学工业出版社之请，对讲稿进行整理、充实后，形成本书，意在启迪后进。他充满感情地写道：“我无悔而光荣地担任教师，奋力学习孔子，发愤忘食，乐以忘忧，不知老之已至。”这是肖先生一生诲人不倦的真实写照，亦是一位爱国、知理、明德的老一辈科学家奉献给青年学子，乃至全社会的宝贵精神财富。

作为后学者，我本无此殊荣来为肖先生的大作写序，但详读书稿后，深为先生对治学、育才、研究方法的刻苦求索、赤诚之心而感动，诚愿推荐此书作为广大在校学生、青年学者的良师益友。热切期望我国的中青年知识分子，能像肖先生那样对祖国无限热爱，对事业毕生执著，对学术一丝不苟，成为二十一世纪中华民族伟大复兴的栋梁之材！

全国政协副主席
中国工程院院长 徐匡迪

2005年7月11日

参考文献

[1] 鲁岚,陈渠珍. 湖南人民出版社,1989:10－12,114.
[2] 北京科技大学. 肖纪美院士八十寿辰文选. 科学出版社,2000:3－113.
[3] 肖纪美. 宏观材料学导论. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
[4] 肖纪美. 材料学的方法论. 北京:冶金工业出版社,1994.
[5] 肖纪美. 材料学方法论的应用——拾贝与贝雕. 北京:冶金工业出版社,2000.
[6] 辞源. 修订本,北京:商务印书馆,1979.
[7] 辞海. 1973 年版. 上海:上海辞书出版社,1988.
[8] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. 现代汉语词典. 北京:商务印书馆,1999.
[9] [汉]许慎. 说文解字. 北京:中华书局,1985.
[10] 肖纪美. 问题分析方法:院士科普书系. 北京:清华大学出版社,2000.
[11] 肖纪美. 合金能量学. 上海:上海科技出版社,1985.
[12] 肖纪美,朱逢吾. 材料能量学. 上海:上海科技出版社,1999.
[13] [英]赫胥黎. 进化论与伦理学. 北京:科学出版社,1973.
[14] 邓小平文选. 第三卷. 北京:人民出版社,1993.
[15] 简明不列颠百科全书. 北京:中国大百科全书出版社,1985.
[16] 肖纪美. 学习与创新. 材料科学与工程学报,2006(24),5:637－641.
[17] 肖纪美. 创新论. 材料科学与工程学报,2007(25),1:1－4.
[18] A 爱因斯坦,等. 物理学的进化. 周肇威,译. 上海:上海科技出版社,1962.
[19] Morris M. The American Heritage Dictionary of the American Language. Houghton Miflin Co. 1978.
[20] 肖纪美. 合金的能量与过程. 仪表材料,1980(11),5:1～11.
[21] 达尔文的失策. 读者,2001,6:19.
[22] 冷漠是一种罪恶. 读者,2000,6:18.
[23] 肖纪美. 材料的应用与发展. 北京:宇航出版社,1988.
[24] 刘乃和,等. 陈垣书信底稿. 陈垣年谱配图长编(下). 沈阳:辽海出版社,2000:802.
[25] 杨伯峻. 论语译注. 北京:中华书局,1980.
[26] 任继愈. 中国哲学史. 北京:人民出版社,1985.
[27] [梁]萧统. 文选. 北京:中华书局,1977.
[28] [宋]朱熹. 四书章句集注. 北京:中华书局,1983.
[29] [清]阮元校刻. 十三经注疏. 北京:中华书局,1983.
[30] 高亨. 老子注译. 郑州:河南人民出版社,1982.
[31] 毛泽东选集. 第一卷. 实践论:259－273.
[32] 赵朴初. 佛教常识问答. 中国佛教协会.
[33] N 维纳. 控制论. 郝季仁,译. 北京:科学出版社,1985.
[34] 肖纪美,不锈钢的金属学问题,北京:冶金工业出版社,1983.